

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Martin Soldo

**ANALIZA PROMETNO-TEHNIČKIH ELEMENATA
RASKRIŽJA SLAVONSKE AVENIJE I ULICE GORDANA
LEDERERA U ZAGREBU S PRIJEDLOZIMA POBOLJŠANJA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2019.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA PROMETNO-TEHNIČKIH ELEMENATA
RASKRIŽJA SLAVONSKE AVENIJE I ULICE GORDANA
LEDERERA U ZAGREBU S PRIJEDLOZIMA POBOLJŠANJA**

**ANALYSIS OF TRAFFIC AND TECHNICAL ELEMENTS OF
SLAVONSKA AVENUE AND GORDAN LEDERER STREET
INTERSECTION IN ZAGREB WITH IMPROVEMENT
PROPOSALS**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan

Student: Martin Soldo

JMBAG: 0135227788

Zagreb, rujan 2019.

ANALIZA PROMETNO-TEHNIČKIH ELEMENATA RASKRIŽJA SLAVONSKE AVENIJE I ULICE GORDANA LEDERERA U ZAGREBU S PRIJEDLOZIMA POBOLJŠANJA

SAŽETAK

Na raskrižju Slavonske avenije i Ulice Gordana Lederera u Zagrebu preliminarnim istraživanjem uočeni su problemi vezani za sigurnost prometa i protočnost raskrižja. Zbog toga je provedena detaljna analiza oblikovnih elemenata i opreme raskrižja, određeno vršno prometno opterećenje i struktura prometa te na osnovi toga izrađeno nekoliko varijantnih rješenja navedenog raskrižja kako bi se povećala sigurnost i protočnost prometa. Svrha je diplomskog rada doprinijeti aktualnoj problematici smanjenja broja i posljedica prometnih nesreća u cestovnom prometu uz optimizaciju odvijanja prometa s prijedlogom konkretnog rješenja na razmatranoj lokaciji. U radu je grafički prikazano postojeće stanje uz moguća varijantna rješenja uporabom programskog alata AutoCAD te su provedene simulacije prometnih tokova u programskom alatu PTV Vissim.

KLJUČNE RIJEČI: raskrižje; sigurnost prometa; protočnost; optimalno rješenje

SUMMARY

At the intersection of the Slavonska Avenue and the Gordana Lederera Street in Zagreb, a preliminary research has identified problems related to traffic safety and intersection throughput capacity. For this reason, a detailed analysis of the design elements and the intersection equipment has been carried out, the peak traffic load and the traffic structure have been determined, and on this basis several variant solutions of the given intersection were developed to increase the safety and traffic flow. The purpose of the diploma thesis itself is to contribute to the current issue of reducing the number and consequences of traffic accidents in road traffic and to optimize the traffic flow through a proposal for a concrete solution at the considered location. The paper presents graphically the current state with possible variant solutions created using the AutoCAD software tool, and the simulations have been performed in the PTV Vissim software.

KEYWORDS: intersection; traffic safety; throughput capacity; optimal solution

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. ZNAČAJKE I PROMETNO-TEHNIČKI ELEMENTI POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA	3
2.1. Značajke postojećeg raskrižja.....	6
2.2. Prometni položaj i uloga raskrižja	8
2.3. Analiza infrastrukturnih elemenata	9
2.3.1. Oblikovni elementi raskrižja	11
2.3.2. Horizontalna i vertikalna signalizacija	12
2.3.3. Provoznost raskrižja	13
3. PROMETNO OPTEREĆENJE I STANJE SIGURNOSTI RASKRIŽJA	16
3.1. Analiza podataka o brojenju prometa	16
3.2. Analiza prometnih nesreća na raskrižju.....	24
3.3. Konfliktne točke	26
4. NEDOSTATCI POSTOJEĆEG RASKRIŽJA S PRIJEDLOZIMA VARIJANTNIH RJEŠENJA RASKRIŽJA.....	28
4.1. Postojeći nedostaci raskrižja.....	28
4.2. Varijantno rješenje 1	30
4.3. Varijantno rješenje 2.....	32
4.4. Varijantno rješenje 3.....	36
5. ANALIZA VARIJANTNIH RJEŠENJA RASKRIŽJA SA STAJALIŠTA PROTOČNOSTI I SIGURNOSTI PROMETA	38
5.1. Usporedba varijantnih rješenja s obzirom na sigurnost.....	38
5.2. Usporedba varijantnih rješenja s obzirom na protočnost.....	40
6. SIMULACIJA PROMETA I IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA	46
6.1. Simulacija prometnih tokova za varijantno rješenje br. 1	46
6.2. Simulacija prometnih tokova za varijantno rješenje br. 2	48
6.3. Simulacija prometnih tokova za varijantno rješenje br. 3	50

7. ZAKLJUČAK	52
Literatura	54
Popis slika	55
Popis tablica	57
Popis grafikona.....	57
Popis priloga.....	58

1. UVOD

Grad Zagreb kao glavni grad Republike Hrvatske svake godine bilježi sve veći broj stanovnika, veći životni standard, a posljedično i povećanje stupnja motorizacije. Sve gušći promet na određenim dionicama tijekom dana, kolone na raskrižjima, duže vrijeme putovanja, kao i potpuni zastoji ukazuju na to da je potrebno djelovanje kako bi se pronašli odgovori za ublažavanje, odnosno uklanjanje takvih prometnih problema. Jedan od kompleksnijih zadataka za rješavanje prometnih zagušenja javlja se na raskrižjima u gradovima u vrijeme vršnih perioda, kada na raskrižje dolazi velik broj vozila koja usporavaju promet i izazivaju zastoje unutar raskrižja. Loše izvedena raskrižja i u drugim gradovima, kao i u Zagrebu, postaju najveći problem u gradskoj prometnoj mreži glede sigurnosti i propusne moći.

Kako je cestovni promet najznačajnija prometna grana u Republici Hrvatskoj te predstavlja bitan element za rast i gospodarski razvoj države, potrebno je razviti kvalitetnu cestovnu infrastrukturu koja je u stanju odgovoriti na sva prometna opterećenja i trenutačne uvjete u okolini. Prometna infrastruktura mora osigurati kvalitetan prijevoz ljudi i dobara uz visoku razinu funkcionalne učinkovitosti i prometne sigurnosti. Potrebno je neprestano ulagati u razvoj i održavanje cestovne infrastrukture, odnosno provoditi mjere za povećanje razine usluge i sigurnosti na raskrižjima i dionicama cesta koje predstavljaju povećanu opasnost prometovanja za sve sudionike u prometu, kao i na lokacijama na kojima se pojavljuju zagušenja zbog nedovoljne protočnosti prometnih trakova.

Zbog navedenih razloga cilj je ovoga rada analizirati te predložiti rješenja raskrižja Slavonske avenije i Ulice Gordana Lederera, koje se nalazi na istočnom dijelu grada Zagreba, u poslovnoj zoni Žitnjak, te ne zadovoljava sigurnosne uvjete prometovanja zbog loše preglednosti raskrižja i potrebe povećanog prometa u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima. Svrha rada je predložiti optimalno rješenje koje bi povećalo stupanj uslužnosti i sigurnosti na raskrižju. Rad je podijeljen na sedam cjelina:

1. Uvod
2. Značajke i prometno-tehnički elementi postojećeg stanja raskrižja
3. Prometno opterećenje i stanje sigurnosti raskrižja
4. Nedostaci postojećeg raskrižja s prijedlozima varijantnih rješenja raskrižja
5. Analiza varijantnih rješenja raskrižja sa stajališta protočnosti i sigurnosti prometa
6. Simulacija prometa i izbor optimalnog rješenja

7. Zaključak

U drugom poglavlju navedene su osnovne značajke i tipovi raskrižja u razini te je analizirano postojeće stanje promatranog raskrižja. Opisani su elementi sigurnosti koji moraju biti zadovoljeni kako bi se promet odvijao sigurno i učinkovito na raskrižjima te su navedeni oblikovni elementi raskrižja u razini. Opisan je prometni položaj navedenog raskrižja te su analizirani infrastrukturni elementi.

U trećem poglavlju analizirani su podatci o brojenju prometa i prometnim nesrećama te su navedene i opisane konfliktne točke unutar raskrižja.

U četvrtom poglavlju opisani su nedostaci postojećeg raskrižja te su predložena tri varijantna rješenja, od najjednostavnijeg i financijski najpovoljnijeg rješenja do denivelacije koja iziskuje velika investicijska ulaganja.

Peto poglavlje sadrži usporedbu projektno-oblikovnih elemenata svih varijantnih rješenja te su analizirana raskrižja s aspekta sigurnosti i protočnosti.

U šestom poglavlju opisuje se postupak optimizacije funkcionalne učinkovitosti pomoću mikrosimulacijskog programskog alata Sidra te odabir optimalnog rješenja.

2. ZNAČAJKE I PROMETNO-TEHNIČKI ELEMENTI POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA

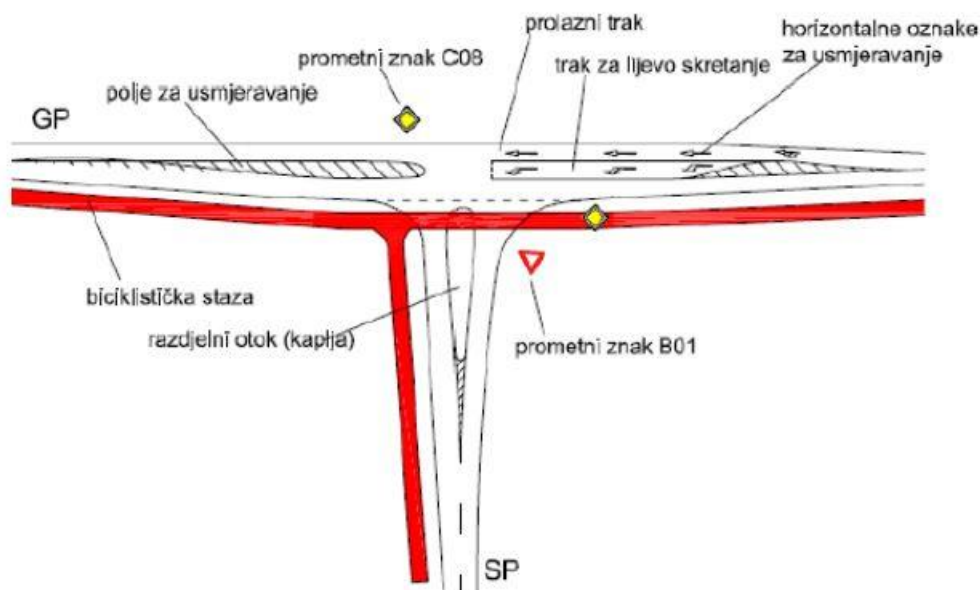
Raskrižje se može definirati kao točka u mreži prometnica u kojoj se prometni tokovi spajaju, razdvajaju, križaju ili prepleću. Zbog svih prometnih radnji i mogućih konflikata u raskrižju su naglašeni problemi propusnosti i sigurnosti prometa. Raskrižja u mreži javnih cesta pojavljuju se u više oblikovnih modaliteta, a mogu se razvrstati na:

- raskrižja u razini
- raskrižja izvan razine
- raskrižja s kružnim tokom prometa
- kombinirana raskrižja.

Raskrižja izvan razine i sve kombinacije raskrižja izvan razina primjerenija su prostorima izvan naselja zbog velikih brzina i zauzimanja većeg dijela površine, no kada su u pitanju brza cesta i veliki kapacitet, raskrižje izvan razine radi se vrlo često i unutar naselja [1].

U radu je analizirano postojeće raskrižje u razini, stoga je za početak ukratko obrađena teorijska podloga za tip raskrižja u jednoj razini.

Raskrižja u razini (RUR) u velikom su broju zastupljena u mreži javnih cesta, pri čemu su građevinska rješenja i prometni tokovi riješeni na istoj prometnoj plohi. To su klasična rješenja priključaka i križanja u užem smislu, kao što se može vidjeti na slici 1, a u novije vrijeme pridružuju im se i raskrižja s kružnim tokom u jednoj razini [2].



Slika 1. Osnovni elementi raskrižja u razini na primjeru priključka [2]

Raskrižje u razini jest raskrižje na kojemu se križaju ili spajaju dvije ili više cesta u istoj razini. Takva raskrižja predstavljaju čvorna mjesta u cestovnoj mreži, a oblikovana su i uređena tako da omogućavaju funkcioniranje cestovnog prometa. Raskrižja tog oblika najbrojnija su u praksi. Zadovoljavaju prometna opterećenja do 800 voz/h po smjeru te vremenske praznine toka od 6 sekundi i više, što su značajke pretežito lokalnih, županijskih i djelomično državnih cesta. Po mjestu primjene izvode se izvan i unutar naselja. Trebaju se planirati tako da budu što manje štetna za okoliš, što često povećava cijenu izvedbe, odnosno ekonomičnost rješenja [2].

Pri koncipiranju raskrižja neophodno je utvrditi bitna polazišta i parametre. Prije svega, to se odnosi na određivanje uloge ili značenja privoznih cesta u mreži te na dopuštenu brzinu u raskrižju, određivanje glavne ceste, voznodinamičke i geometrijske okvire, propusnu moć, sigurnost prometa i razmak raskrižja. U sklopu određivanja rasporeda i razmaka raskrižja u cestovnoj mreži mora se voditi računa o tome da učestalo čvoriranje smanjuje prometno-sigurnosnu vrijednost, a preveliki razmaci dovode do neravnomjernog i nepotrebnog opterećenja cestovne mreže. Pri projektiranju također treba uzeti u obzir i prometne površine za javni promet.

Izbor glavne ceste s dominantnim prometnim tokom ključni je korak u koncipiranju raskrižja. Određivanje glavne ceste tim je jasnije što je više navedenih pokazatelja na što duljoj dionici. Glavna cesta u pravilu je ona s dominantnim prometnim tokom. Raskrižja u razini

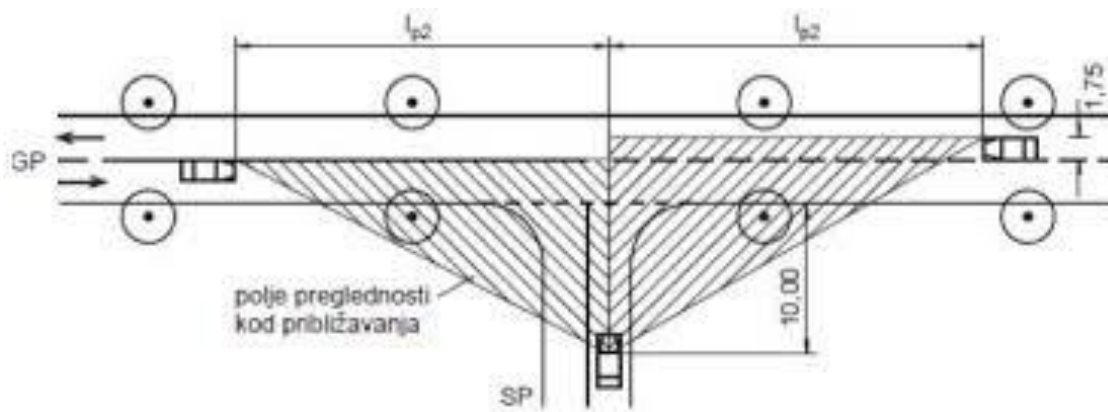
udovoljit će uvjetima sigurne vožnje ako su u cijelosti ili djelomično: pravovremeno prepoznatljiva, pregledna, shvatljiva i provezna/prohodna. Glavne osi cesta na raskrižju trebaju se zbog preglednosti položiti u što okomitiji odnos. Za sigurno odvijanje prometa u raskrižju potrebno je provjeriti različite vidove doglednosti i polja preglednosti. To su prvenstveno polja za:

- zaustavnu preglednost
- preglednost kod približavanja
- privoznu preglednost
- preglednost za bicikliste i pješake [2].

U široj zoni raskrižja mora biti osigurana odgovarajuća površinska i prostorna preglednost. Pravodobno uočavanje i jasno prepoznavanje stanja na raskrižju ključno je za prometnu sigurnost. Vozač treba pravovremeno prepoznati moguće konflikte i prosuditi na koje ih načine izbjeći.

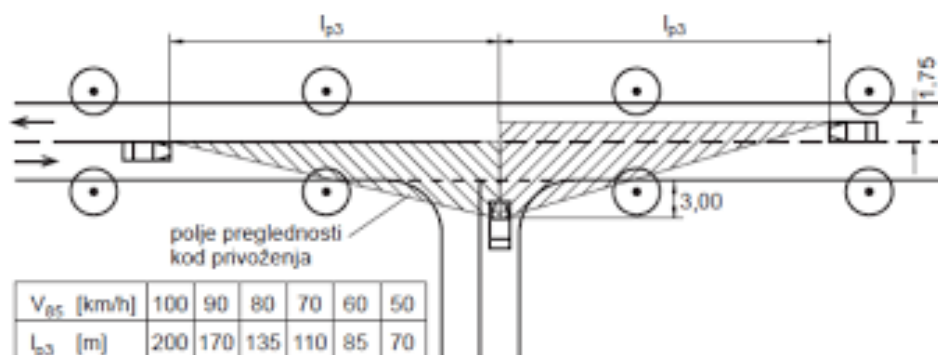
Pod zaustavnom preglednošću podrazumijeva se doglednost koja je potrebna za pravovremeno prepoznavanje raskrižja pred kojim se treba zaustaviti. Potrebne duljine zaustavnog puta ovise o vrsti/kategoriji ceste, odnosno o dopuštenoj brzini prilaženja i uzdužnom nagibu sporedne ceste [2].

Preglednost prilikom približavanja raskrižju i glavnoj cesti podrazumijeva doglednost koja mora biti osigurana na određenoj udaljenosti od ruba glavne ceste za vozača koji prilazi sa sporedne ceste, i to za slučaj kada bude trebao na glavnu cestu ući bez zaustavljanja. U raskrižjima izvan rubnih zona mora biti zadržano vidno polje i doglednost l_{p2} s udaljenosti od 10 m od ruba kolnika glavne ceste, što se može vidjeti na slici 2. Povećanje toga odmaka na najviše 20 metara može biti svrhovito ako je znatniji udio teretnih vozila. Cilj je da oblikovanje raskrižja omogućuje kvalitetno skretanje vozila, a da s tim poboljšanjem preglednosti nisu povezani znatniji troškovi tog zahvata [2].



Slika 2. Polje preglednosti kod približavanja vozila raskrižju [2]

Pod privoznom preglednošću podrazumijeva se doglednost koju mora imati vozač kada čeka na razmaku od 3 metra od ruba kolnika glavne ceste kako bi, unatoč prednosti i uz očekivano ometanje iz glavne ceste, mogao uvesti svoje vozilo. Navedeni uvjet bit će omogućen ako su osigurana polja preglednosti koja su prikazana na slici 3, čiji su dosezi vidljivosti l_{p3} u glavnoj cesti. Za slučaj odmaknute biciklističke staze potrebno je da razmak vozila bude povećan na 4,0 – 5,0 metara [2].

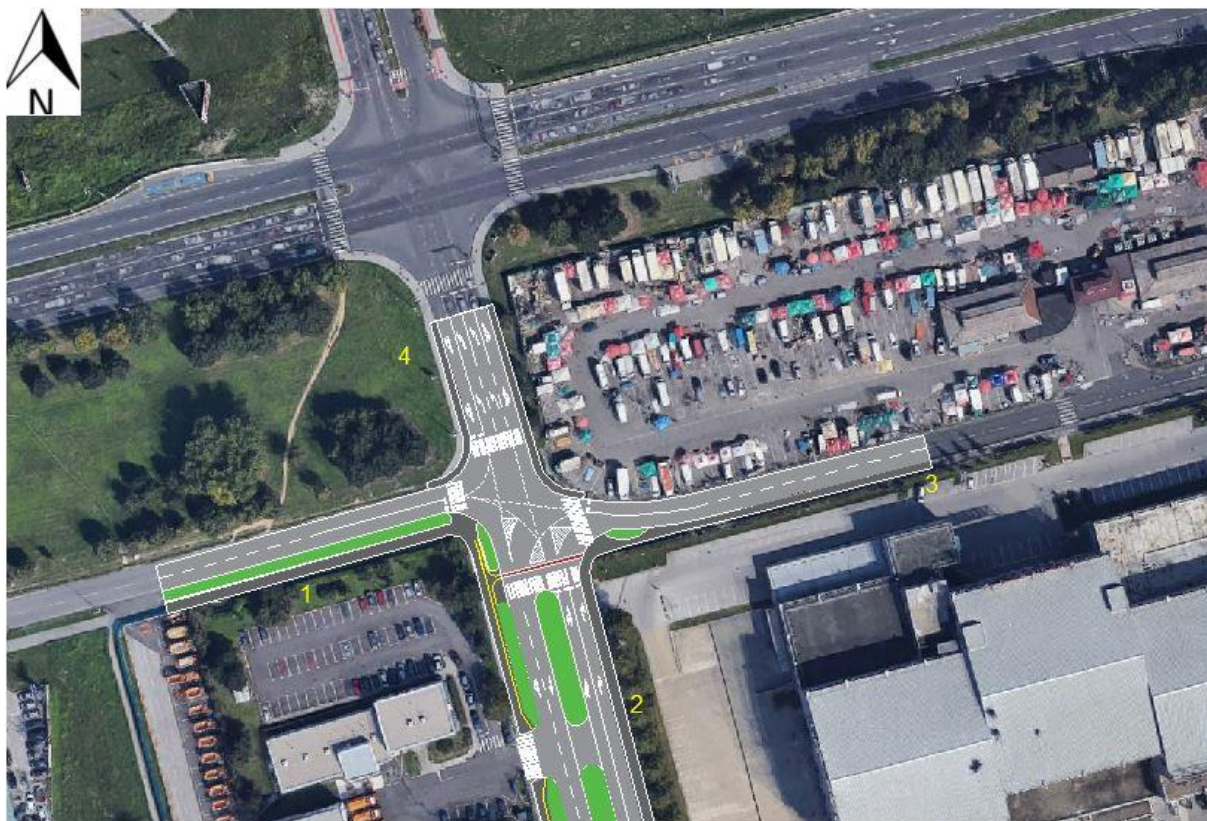


Slika 3. Privozna preglednost [2]

2.1. Značajke postojećeg raskrižja

Postojeće raskrižje predstavlja raskrižje u razini s četiri privoza (četverokrako raskrižje) koje zadovoljava prometno opterećenje do 800 voz/h po smjeru te vremenske praznine toka od 6 sekundi i više. Smjerovi s prednošću prolaska jesu privozi na Slavenskoj aveniji, odnosno *privoz 1* iz smjera zapada, koji ima dva prometna traka kao što je prikazano na slici 4, te *privoz*

3 iz smjera istoka, koji predstavlja dvosmjernu cestu s po jednim prometnim trakom za svaki smjer.



Slika 4. Prikaz postojećeg stanja s brojevima privoza

Privozi iz smjera sjevera, koji dolaze iz Slavonske avenije ili iz Ulice Siniše Glavaševića u Ulicu Gordana Lederera, dolaskom na analizirano raskrižje nailaze na cestu s prednošću prolaska, gdje dolazi do problema nepravovremenog uočavanja i poštivanja prometnih znakova. S obzirom na to da vozila koja dolaze iz smjera zapada imaju pravo prednosti prolaska kao lijevi skretači, stvara se vrlo velik problem te dolazi do čestih bočnih sudara unutar samog raskrižja.

Vizualnim pregledom ustanovljena je vrlo loša preglednost raskrižja, posebice na sporednim privozima pri uključivanju u promet na glavnom smjeru. Na *privozu 2* izuzetno je loša vidljivost zbog zelenog raslinja i ograde koja se nalazi uz *privoz 3*, stoga vozači moraju ući u samo raskrižje kako bi vidjeli približava li se vozilo iz glavnog smjera. Preglednost raskrižja iz smjera sjevera nije loša kao na *privozu 2* te se jasno vidi svaki privoz, ali zbog lošeg rasporeda i neadekvatne signalizacije, kao i velikog protoka vozila kroz raskrižje, vozila iz spomenutog smjera i dalje vrlo teško ulaze u raskrižje zbog toga što moraju propustiti sva vozila koja se

nalaze na glavnoj cesti pa se zbog toga stvaraju repovi čekanja, kao što se može vidjeti na slici 5. Teško teretno vozilo moralo je propustiti sva vozila na glavnom pravcu te se stvorio rep čekanja.



Slika 5. Rep čekanja na sjevernom privozu (4)

2.2. Prometni položaj i uloga raskrižja

Grad Zagreb glavni je grad Republike Hrvatske. Zbog važnog strateškog položaja Zagreb je kvalitetno prometno povezan s većinom teritorija Hrvatske te se preko njega odvija glavna prometna veza istočne, zapadne i sjeverne Hrvatske. Prometna mreža grada omeđena je zagrebačkom obilaznicom (poveznica na autoceste: A1, A2, A3 i A4). Kroz grad se proteže

2.3. Analiza infrastrukturnih elemenata

9

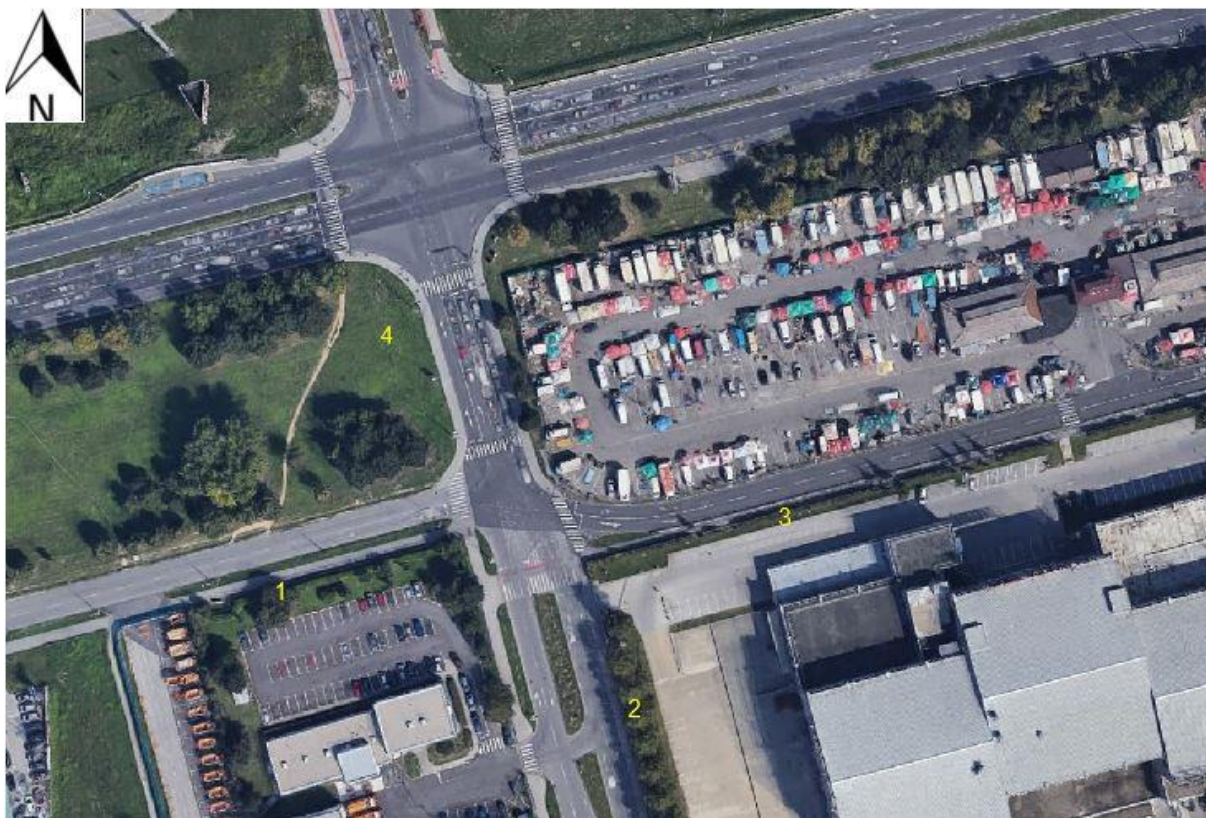
Analiza postojeće prometne infrastrukture raskrižja u ovom radu obuhvaća:

- cestovnu infrastrukturu i opremu ceste
- nogostupe.

Promatrano raskrižje u ovom radu četverokrako je raskrižje upravljano samo prometnim znakovima. Privozi raskrižja su:

1. Slavonska avenija – privoz zapad
2. Ulica Gordana Lederera – privoz jug
3. Slavonska avenija – privoz istok
4. Ulica Gordana Lederera – privoz sjever

Glavni je privoz na Slavonskoj aveniji, odnosno to su *privozi 1 i 3*, dok je sporedni privoz Ulica Gordana Lederera, to jest *privozi 2 i 4*. Na slici 7 prikazano je postojeće stanje raskrižja te se jasno vide privozi.



Slika 7. Prikaz postojećeg raskrižja [3]

2.3.1. Oblikovni elementi raskrižja

Sve su prometnice na ovom raskrižju dvosmjerne. *Privoz 1*, koji dolazi iz smjera zapada, sastoji se od jednog prometnog traka koji omogućava ravno kretanje te desno i lijevo skretanje vozila. *Privoz 2* cesta je iz smjera juga i sadrži trak za desno skretanje te zajednički trak za vožnju ravno i lijevo skretanje. Na *privozu 3* nalazi se jedan prometni trak za ravno kretanje te desno i lijevo skretanje vozila, jednako kao i kod privoza broj 1. *Privoz 4* ima samo jedan trak za ravno kretanje i skretanje desno, dok se iz tog smjera ne može skrenuti lijevo prema istoku. Prema broju izlaznih trakova, glavni smjer ima po jedan trak, dok sporedni u smjeru sjevera ima čak tri prometna traka, od kojih su dva prometna traka za lijevo, a jedan zajednički za ravno i desno. Izlazni smjer jug ima dva izvozna traka. Samo prometnice na južnom smjeru imaju po dva prometna traka za svaki smjer prometa, koja su odvojena razdjelnim otokom, što se može vidjeti na slici 8., koja prikazuje postojeće stanje raskrižja nacrtano u programskom alatu AutoCAD, a sve dimenzije i polumjeri postojećeg raskrižja vidljivi su u prilogu 1.



Slika 8. Prikaz postojećeg stanja u programskom alatu AutoCAD

2.3.2. Horizontalna i vertikalna signalizacija

Vizualnim pregledom na terenu ustanovljeno je da je vertikalna signalizacija dobro postavljena, osim na *privozu 4*, gdje nedostaje prometni znak za pješački prijelaz. Na *privozu 1* nalazi se stup s dva prometna znaka, od kojih je jedan znak za cestu s prednošću prolaska (C08), a drugi obilježen pješački prijelaz (C02). Na *privozu 2* nalazi se jedan prometni znak za obilježen pješački prijelaz (C02) i biciklističku stazu (CO3) te jedan za nailazak na cestu s prednošću prolaska (B01), dok se ranije na *privozu* nalazi i znak za preostrojanje vozila (C86). Na *privozu 3*, kao i kod *privoza 1*, nalazi se stup s dva prometna znaka, od kojih je jedan znak za cestu s prednošću prolaska, a drugi obilježen pješački prijelaz. Na *privozu 4* nalazi se jedan stup s prometnim znakovima koji označavaju nailazak na cestu s prednošću te obvezan smjer, odnosno da vozila iz smjera 4 ne mogu skrenuti lijevo, nego su dopušteni smjerovi ravno i desno (B57).

Horizontalna signalizacija u lošem je stanju jer se zbog problematičnosti samog raskrižja već nekoliko puta mijenjala, pa stari znakovi na kolniku nisu dobro uklonjeni, što može dovesti do zbunjivanja vozača. Problem je prikazan na slici 9., gdje se jasno vidi stara signalizacija koja pokazuje smjer kretanja za ravno i desno, dok znakovi pokazuju da je prometni trak sa slike isključivo za vozila koja skreću desno.



Slika 9. Neadekvatno uklonjena stara signalizacija na sjevernom privozu (2)

Na svakom od privoza nalaze se obilježeni pješački prijelazi preko kolnika, koji također nisu dobro izvedeni na svim privozima te nije ostavljen propisani razmak gdje bi se vozilo moglo zaustaviti ispred i pješačkog prijelaza. Na svim privozima nalaze se isprekidane crte koje ne znače nužno zaustavljanje.

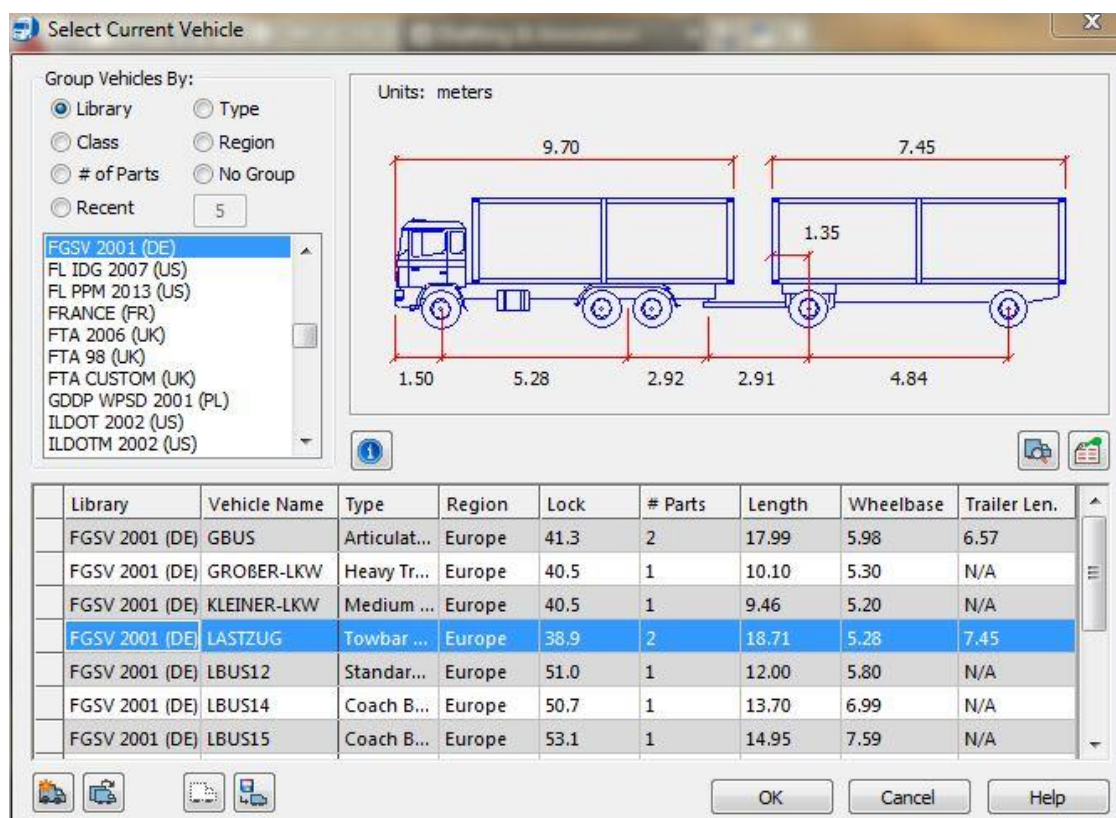
2.3.3. Provoznost raskrižja

Provjera provoznosti mjerodavnog vozila kroz raskrižje izvedena je pomoću alata AutoTURN, koji služi za označavanje putanje kretanja vozila odnosno trajektorije vozila.

AutoTURN nije samostalan program, stoga na računalu treba biti instaliran jedan od potrebnih programa, u ovom slučaju AutoCAD [4].

Može se koristiti za definiranje vozila i praćenje traga pneumatika vozila, trajektorije gabarita vozila, polja preglednosti, vizualni prikaz animacije i dr. Radi u sljedećim mjernim jedinicama: milimetrima, centimetrima, metrima, inčima ili stopama. Program se može koristiti za provjeru provoznosti prilikom projektiranja cestovnih raskrižja, garaža, utovarnih rampi i većine vrsta prometnih objekata. Uključuje listu standardnih vozila različitih dimenzija za nekoliko zemalja. Sve relevantne dimenzije vozila mogu se mijenjati prema korisnikovoj potrebi [4].

U ovom je radu mjerodavno vozilo za određivanje provoznosti postojećeg raskrižja i razmatranih varijantnih rješenja poboljšanja raskrižja kamion s prikolicom. Na slici 10. prikazane su sve relevantne dimenzije mjerodavnog vozila, a na slici 11. prikazan je provoz mjerodavnog vozila na postojećem raskrižju. Istraživanjem i tijekom brojenja prometa uočeno je učestalo prometovanje kamiona s prikolicom, a već spomenuti Zagrebački holding – služba za zimsko održavanje, koji se nalazi u samoj blizini raskrižja, nerijetko prevozi svoje strojeve koji se nalaze na prikolici zakvačenoj na teretno vozilo.



Slika 10. Dimenzije mjerodavnog vozila [4]



Slika 11. Prikaz provoza mjerodavnog vozila u programu AutoTurn na postojećem raskrižju

3. PROMETNO OPTEREĆENJE I STANJE SIGURNOSTI RASKRIŽJA

Analiza postojećeg stanja analiza je svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa na širem području obuhvata. Analiza postojeće situacije nekog zatvorenog prometnog sustava bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno trenutačno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se samo korekcija postojećeg sustava ili se planiraju veći investicijski zahvati [5].

U analizi postojećeg stanja promatranog raskrižja u ovom radu već je obrađen dio koji se odnosi na prometni položaj raskrižja i prometnu infrastrukturu na području raskrižja, a u ovom, trećem poglavlju bit će detaljno analizirani podatci o brojenju prometa, strukturi cestovnog motornog prometa, pješačkim tokovima, broju prometnih nesreća u posljednjih nekoliko godina te stanju sigurnosti i velikom broju konfliktnih točaka unutar samoga raskrižja.

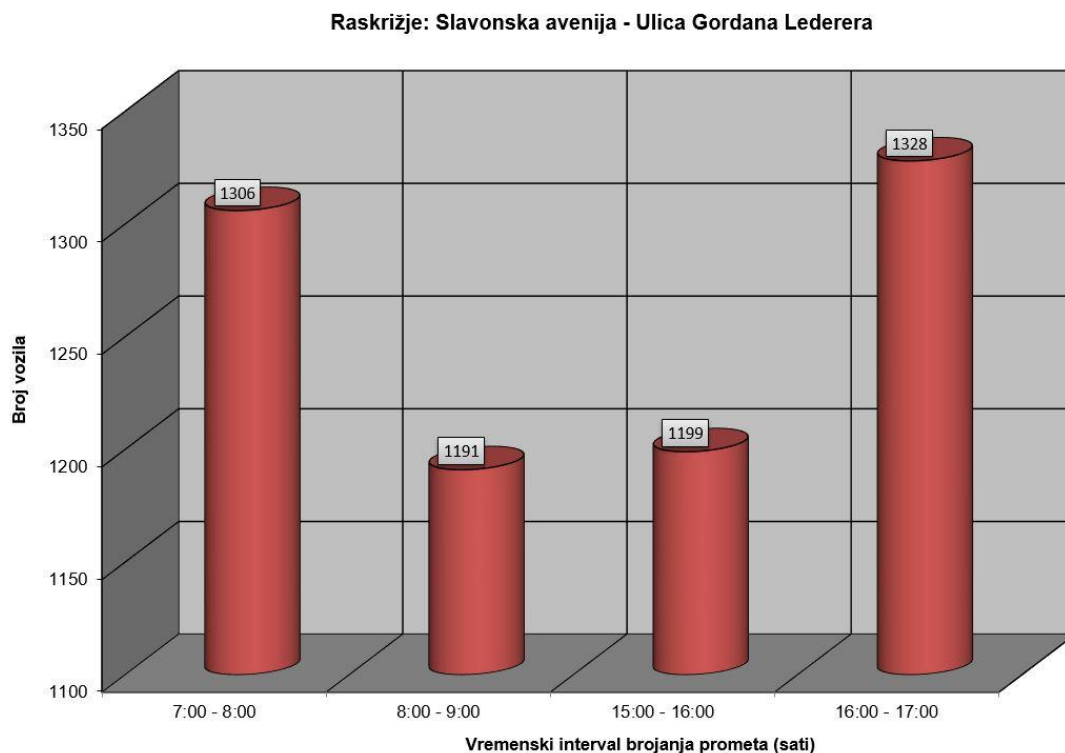
3.1. Analiza podataka o brojenju prometa

Brojenje prometa provodi se zbog određivanja opterećenja pojedinih prometnica i određivanja vrsta vozila na prometnicama te smjerova kretanja vozila, odnosno služi kao početna faza za planiranje prometa. Kao izlazni rezultat dobiva se uvid u postojeće stanje prometa na prometnicama. Isto tako, dobiveni podaci upućuju na predlaganje novih rješenja za poboljšanje odvijanja prometa i prometnog sustava u cjelini. Brojenje prometa potrebno je provoditi zbog prometnog i urbanističkog planiranja, planiranja prometne mreže nekog većeg područja, oblikovanja prometnih čvorova te zbog rekonstrukcije postojeće prometne mreže ili izgradnje novih prometnih pravaca.

Brojenje prometa uvijek bi se trebalo planirati kad su uvjeti za korist od promatranja najveći, a to je za vrijeme radnog dana u tjednu, u ljeti na rekreacijskim rutama i zimi vikendom za rute koje povezuju skijališta. Zbog svih tih zahtjeva brojenje prometa najbolje je provoditi tijekom radnih dana u tjednu, odnosno utorkom, srijedom i četvrtkom. Neke od prednosti koje donosi brojenje prometa jesu: mogućnost dobivanja rezultata o broju vozila, strukturi prometnog toka i smjerovima kojima se vozila kreću unutar raskrižja, zatim brojači mogu zapaziti određene anomalije prilikom brojenja i zabilježiti ih (prometne nesreće, kvar semafora

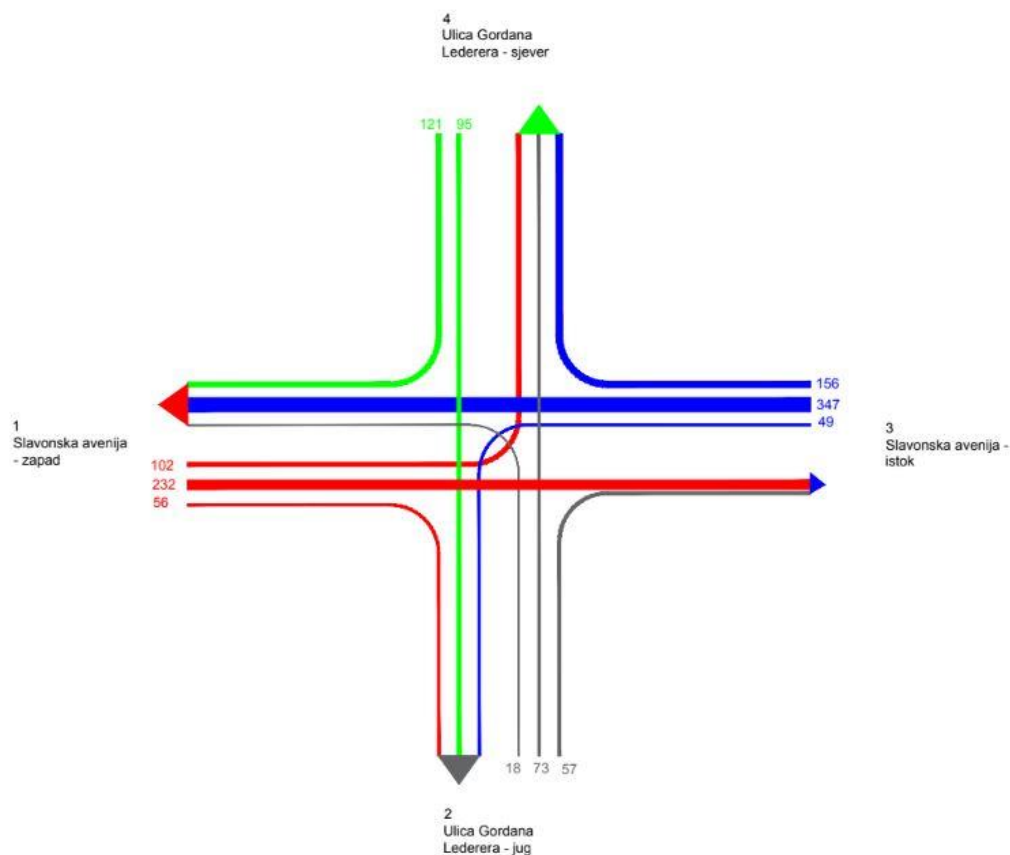
i sl.), obrasci se lako koriste pri daljnjoj obradi podataka te su relativno niski troškovi brojenja ako se radi o brojenju u kraćem vremenskom razdoblju [5].

U svrhu izrade ovoga rada ručno je brojen promet na raskrižju Ulice Gordana Lederera i Slavonske avenije u Zagrebu tijekom četiri vršna sata u danu, u četvrtak 6. lipnja 2019. godine u vremenu od 7:00 do 9:00 i od 15:00 do 17:00, a ukupan broj vozila na predmetnom raskrižju prikazan je na grafikonu 1. Za navedeno brojenje angažirani su studenti Fakulteta prometnih znanosti s već ranijim iskustvom brojenja prometa na Fakultetu. Podatci o brojenju prometa bilježeni su na brojačkim listićima prema zadanim kategorijama vozila u 15-minutnim intervalima. Brojitelji su bilježili broj vozila koja prolaze raskrižjem po smjerovima kretanja na svakom pojedinom privozu. Kategorije vozila bile su: osobni automobil, lako teretno vozilo, teško teretno vozilo, autobus, motor i bicikl. Na raskrižju je također brojen i pješački promet.



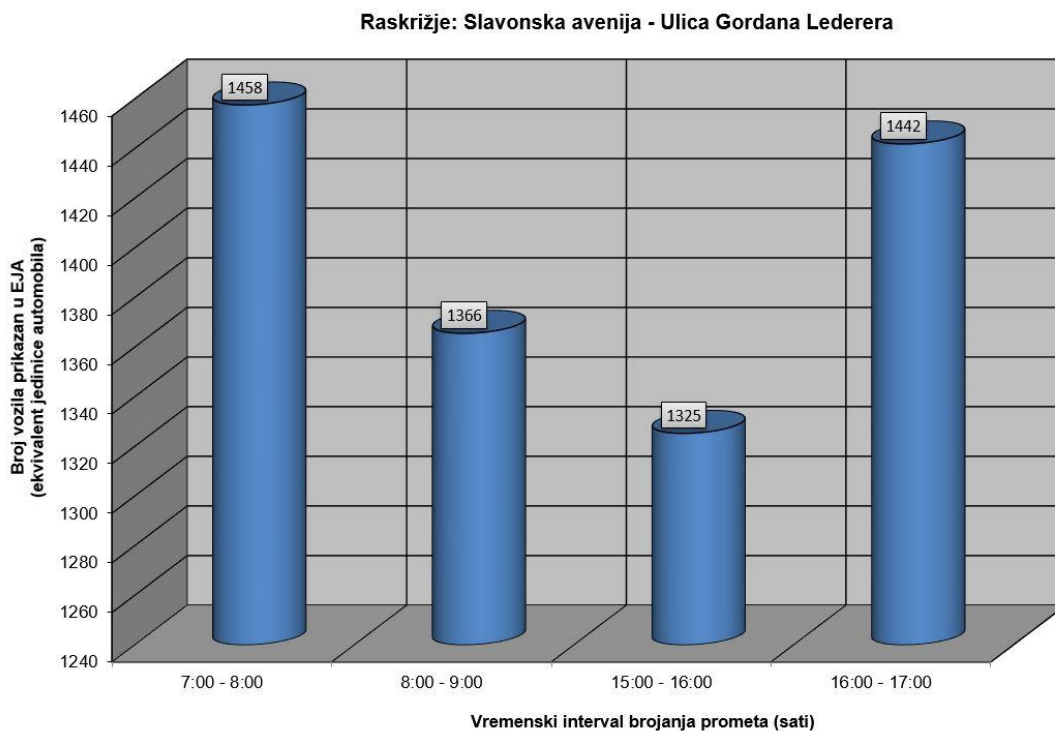
Grafikon 1. Ukupan broj vozila u vršnim satima

Na slici 12. prikazani su rezultati analize ručnog brojanja prometa promatranog raskrižja po svim privozima i tokovima odnosno smjerovima kretanja izraženim u broju vozila/h. Prometni tokovi privoza 1 označeni su crvenom bojom, privoza 2 sivom, privoza 3 plavom bojom i privoza 4 zelenom bojom. Najopterećeniji prometni tok je iz privoza 3 u privoz 1 i iznosi 347 voz/h.



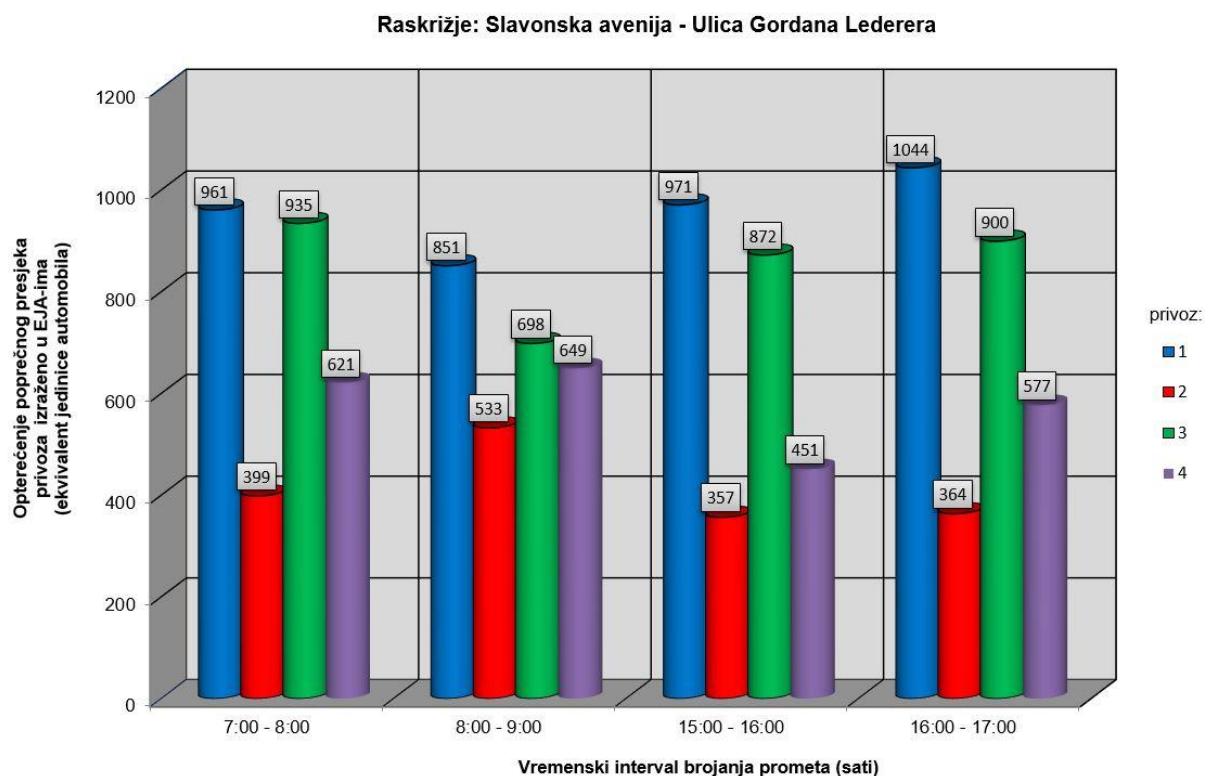
Slika 12. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja u jutarnjem vršnom satu

Grafikon 2. prikazuje rezultate analize ručnog brojenja prometa na raskrižju izražene u EJA/h. Kratica EJA predstavlja ekvivalent jedinice automobila i prema tome osobni automobil ima vrijednost koeficijenta 1,0, dok lako teretno vozilo ima vrijednost koeficijenta 1,5, teško teretno vozilo i autobus imaju vrijednost koeficijenta 2,0, motocikl 0,7, a bicikl 0,3. Najveće opterećenje nastaje u jutarnjim satima u vremenskom intervalu od 7:00 do 8:00 i ono iznosi 1458 EJA/h.



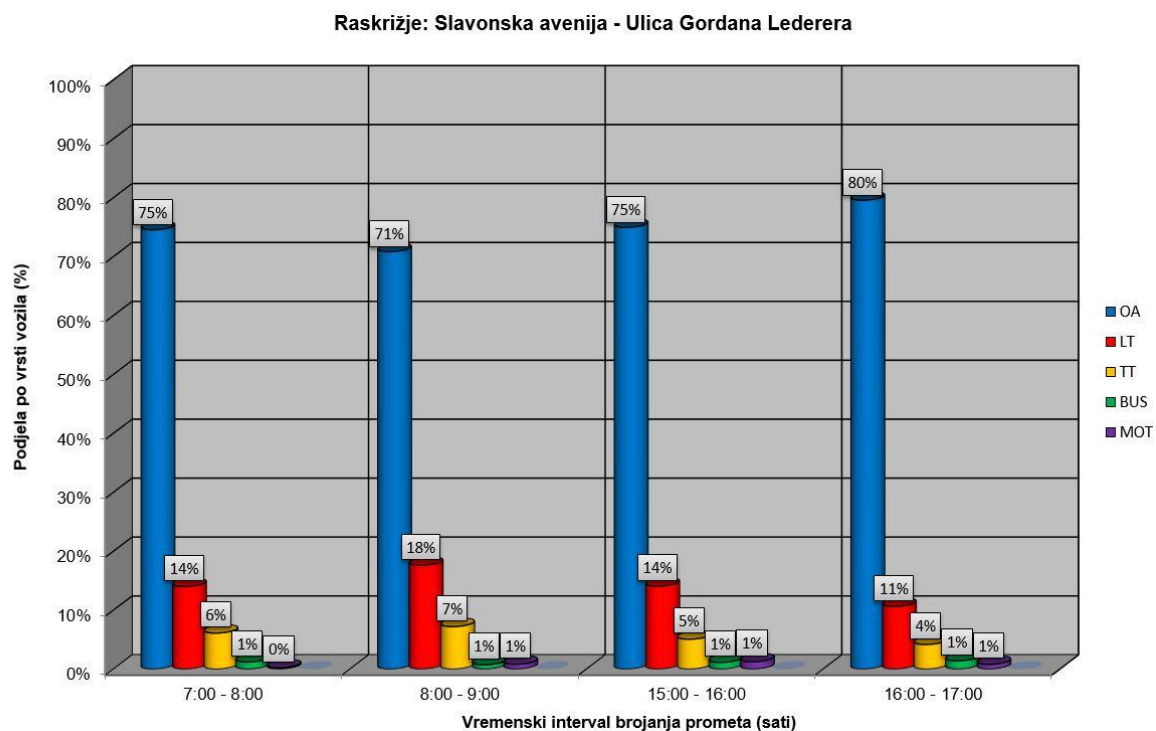
Grafikon 2. Prometno opterećenje (EJA/h) u vremenskim intervalima od jednoga sata

Prometno opterećenje poprečnog presjeka u EJA/h za svaki privoz prikazano je grafikonom 3. te se može potvrditi opravdanost izbora glavnog smjera jer je veća opterećenost *privoza 1 i 3*. Najopterećeniji je *privoz 1* iz smjera zapada u vremenskom periodu od 7:00 do 8:00 te je evidentno da se tada putuje na posao, a vidljivo je i veliko opterećenje od 16:00 do 17:00, kada se ljudi vraćaju s posla.



Grafikon 3. Prometno opterećenje za svaki privoz u EJA

Prema kategorizaciji vozila, osobni automobili najzastupljenija su vrsta vozila koja prometuje raskrižjem. Najviše osobnih vozila prolazi u jutarnjem vremenskom intervalu od 7:00 do 08:00, kao i u popodnevnom intervalu od 16:00 do 17:00 sati, kada je raskrižje najviše prometno opterećeno i udio osobnih automobila tada iznosi 80 % od ukupnog broja vozila, što se može vidjeti iz grafikona 4.



Grafikon 4. Postotak vozila po kategorijama (osobni automobil-OA, lako teretno vozilo-LT, teško teretno-TT, autobus-BUS, motocikl-MOT)

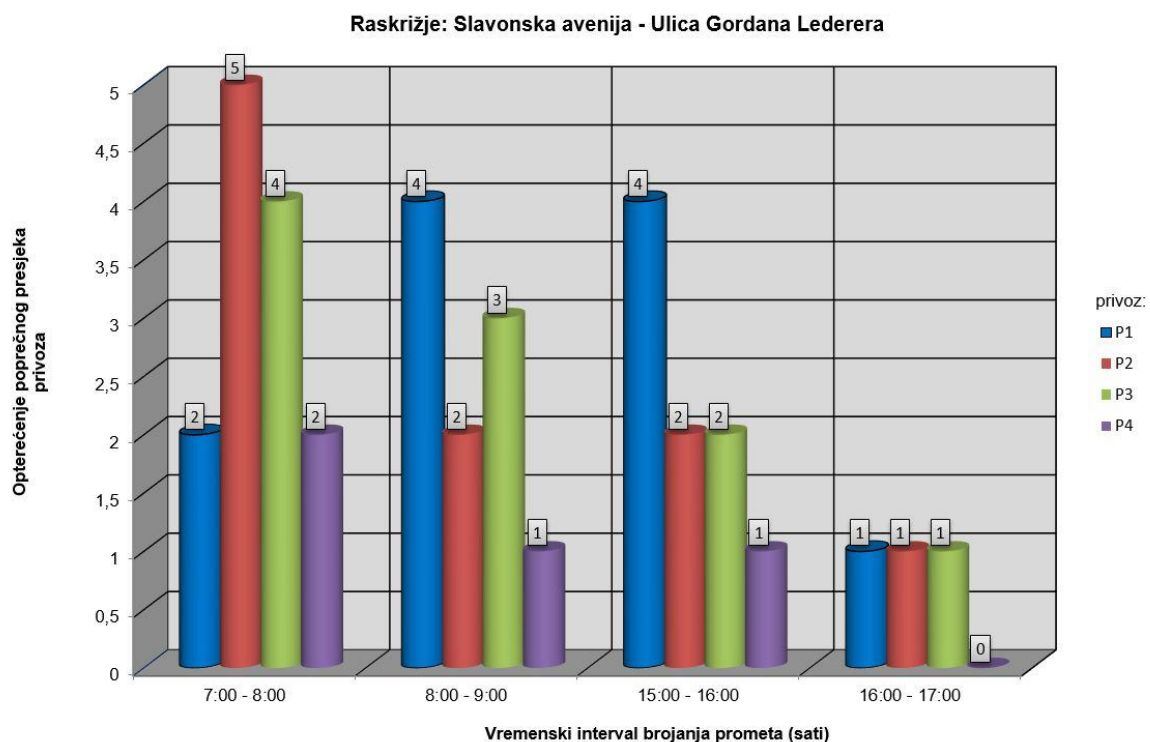
Također, uočava se vrlo velik broj lakih i teških teretnih vozila u raskrižju, koja mnogo više prometuju u ranijim jutarnjim satima zbog dostave robe na Zelenu tržnicu i prometovanja prema robnom terminalu. Isto tako, javlja se veći broj teretnih vozila oko 7 sati ujutro, koja iz Zagrebačkog holdinga zimske službe održavanja izlaze na teren, jer se spomenuti holding nalazi u neposrednoj blizini predmetnog raskrižja. Takav je primjer zabilježen u 7:00 na dan brojenja prometa na slici 13.



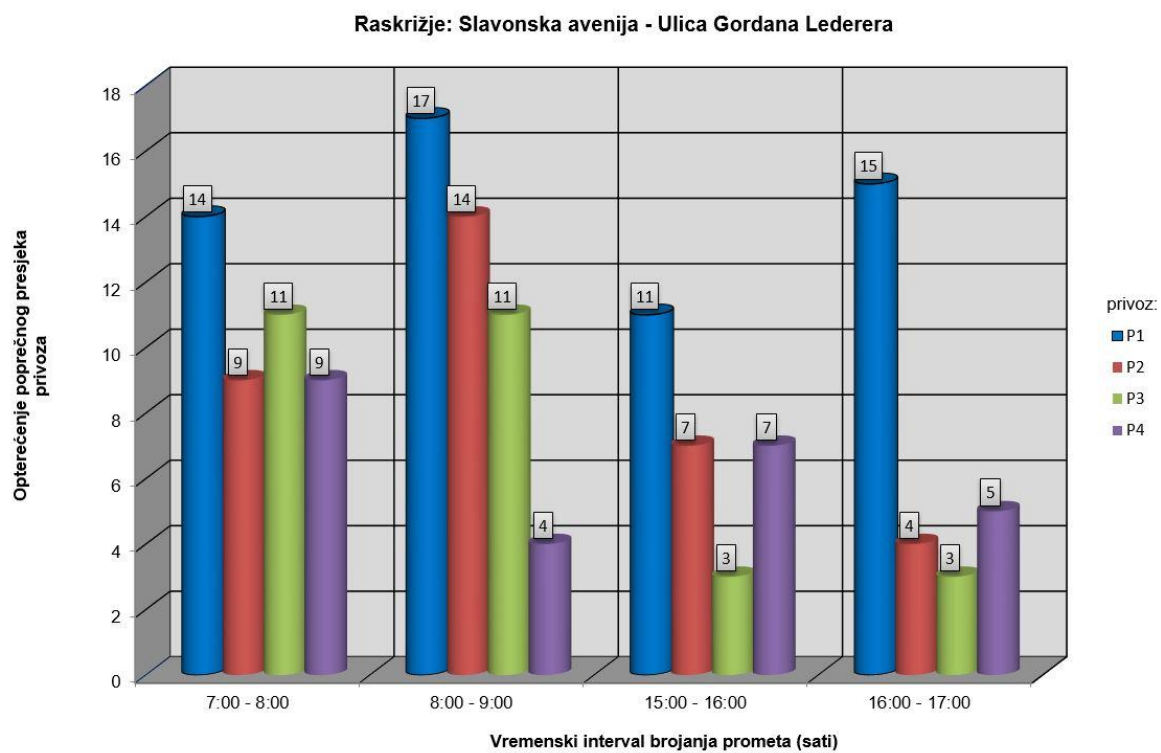
Slika 13. Teretna vozila iz Zagrebačkog holdinga zimske službe održavanja prilikom ulaska na raskrižje

Potrebno je napomenuti da je pri brojenju prometa na analiziranom području uočen velik broj nepropisnih skretanja. Naime, u jutarnjem brojenju prometa od 7:00 do 9:00 zabilježena su 23 skretanja iz *privoza 4* u *privoz 3*, odnosno 23 lijeva skretanja, iako je prometnim znakom jasno naznačeno da je obvezan smjer ravno i desno.

Pješaci i biciklisti na pješačkim prijelazima brojeni su u intervalima od 7:00 do 9:00 i od 15:00 do 17:00. Na analiziranom raskrižju nije zapažen velik broj pješaka niti biciklista, no na grafikonima 5. i 6. može se vidjeti da ih ipak ima.



Grafikon 5. Prikaz opterećenja biciklista po privozima



Grafikon 6. Prikaz opterećenja pješaka po privozima

3.2. Analiza prometnih nesreća na raskrižju

Prometna nesreća događaj je na cesti izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Ne smatra se prometnom nesrećom kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnulo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom nije sudjelovalo drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta [6].

Prema nastalim posljedicama, prometne nesreće mogu se podijeliti na:

- prometne nesreće s teže ozlijeđenim ili poginulim osobama
- prometne nesreće s lakše ozlijeđenim osobama
- prometne nesreće u kojima je nastala manja materijalna šteta
- prometne nesreće s imovinsko-materijalnom štetom velikih razmjera [7].

Podaci o prometnim nesrećama koje je zabilježila Policijska uprava zagrebačka na promatranom raskrižju u razdoblju od 2014. do 2018. godine prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Posljedice prometnih nesreća

<i>Posljedice prometnih nesreća</i>	<i>2014.</i>	<i>2015.</i>	<i>2016.</i>	<i>2017.</i>	<i>2018.</i>	<i>Ukupno</i>
<i>Broj nesreća s poginulima</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Broj nesreća s ozlijeđenima</i>	0	1	1	3	7	12
<i>Broj nesreća s mat. štetom</i>	3	8	2	2	4	19
<i>Ukupno:</i>	3	9	3	5	11	31

[izvor: Policijska postaja zagrebačka]

Na promatranom raskrižju u razdoblju od 2014. do 2018. godine zabilježena je ukupno 31 prometna nesreća, a od toga je 12 prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama i 19 prometnih nesreća s materijalnom štetom. Na svu sreću, nije zabilježena niti jedna poginula osoba, dok je

jedna osoba zadobila teške tjelesne ozljede, a 13 njih zadobilo je lake tjelesne ozljede, što se može vidjeti u tablici 2. [8].

Tablica 2. Posljedice sudionika prometnih nesreća

Posljedice – sudionici	2014	2015	2016	2017	2018	Ukupno
<i>Broj poginulih</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Broj teško ozlijeđenih</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Broj lako ozlijeđenih</i>	0	1	1	3	8	13
Ukupno ozlijeđenih:	0	1	1	3	9	14

Kao što je već analizirano najveći je problem raskrižja nepoštivanje prava prednosti prolaska te nepravovremeno uočavanje situacije na raskrižju. To potvrđuju i podaci iz tablice 3., u kojoj su navedene okolnosti koje su prethodile prometnoj nesreći.

Tablica 3. Okolnosti koje su prethodile prometnoj nesreći

OKOLNOSTI KOJE SU	2014			2015			2016			2017			2018			Ukupno		
PRETHODILE	Nesr.	Pog.	Ozlij.	Nesr.	Pog.	Ozlij.	Nesr.	Pog.	Ozlij.	Nesr.	Pog.	Ozlij.	Nesr.	Pog.	Ozlij.	Nesr.	Pog.	Ozlij.
Nepropisna brzina																0	0	0
Brzina neprimjerena uvjetima							1									1	0	0
Vožnja na ned. udaljenosti																0	0	0
Zakašnjelo uoč. opasnosti																0	0	0
Nepropisno pretjecanje																0	0	0
Nepropisno obilaženje																0	0	0
Nepropisno mimoilaženje																0	0	0
Nepropisno uklj. u promet																0	0	0
Nepropisno skretanje										1		1				1	0	1
Nepropisno okretanje																0	0	0
Nepropisna vožnja unazad																0	0	0
Nepropisno prestrojavanje	1						1		1							2	0	1
Nepoštivanje predn. prolaza	2			8		1	1			4		2	10		8	25	0	11
Nepropisno parkiranje																0	0	0
Naglo usporavanje - kočenje																0	0	0
Nepoštivanje svjet. znaka																0	0	0
Neosigurani teret na vozilu																0	0	0
Nemarno postup. s vozilom				1												1	0	0
Ostale greške vozača													1		1	1	0	1
Nepropisno kretanje vozila																0	0	0
Pješak ne poštuje svj. znak																0	0	0
Pješak ne koristi obilj. prij.																0	0	0
Pješak ne koristi pothodnik																0	0	0
Ostale greške pješaka																0	0	0
Neoček. pojava opasnosti																0	0	0
Iznenadni kvar vit. dij. vozila																0	0	0
Ukupno:	3	0	0	9	0	1	3	0	1	5	0	3	11	0	9	31	0	14

Čak 25 od ukupno 31 nesreće dogodilo se zbog nepoštivanja prednosti prolaza, a tek 6 prometnih nesreća zbog drugih razloga [8].

3.3. Konfliktne točke

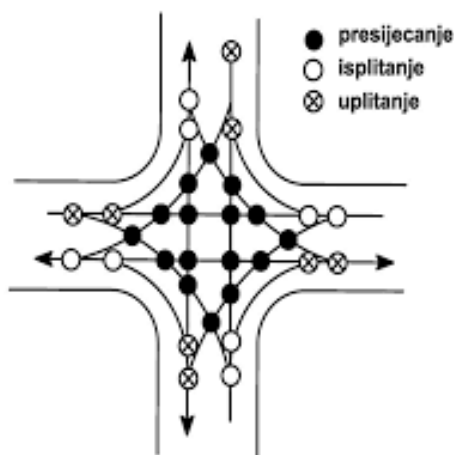
Konfliktne točke su u stvari područja mogućeg konflikta između vozila, biciklista i pješaka. Mogu se klasificirati kao točke isplitanja/izlijevanja, uplitanja/ulijevanja i presijecanja/križanja prometnih tokova pri čemu kod raskrižja u razini mogu biti prisutne sve navedene vrste, a kod raskrižja s kružnim tokom prometa i raskrižja izvan razine u pravilu nema presijecanja. Konfliktnim područjem se smatra također i potez preplitanja prometnih tokova.

Broj točaka presijecanja između prometnih tokova na raskrižjima ovisi o broju privoza i usmjerenosti tokova na privozima te o načinu vođenja tokova u raskrižjima. Postoje dva načina vođenja tokova kroz raskrižja, i to:

- direktno vođenje tokova (direktno kanalizirana raskrižja)
- kružno kretanje tokova oko centra raskrižja (razni oblici raskrižja: kružna raskrižja bez presijecanja tokova, kružna raskrižja s presijecanjem tokova, raskrižja nastala sustavom vođenja tokova jednosmjernim ulicama i sl.) [9].

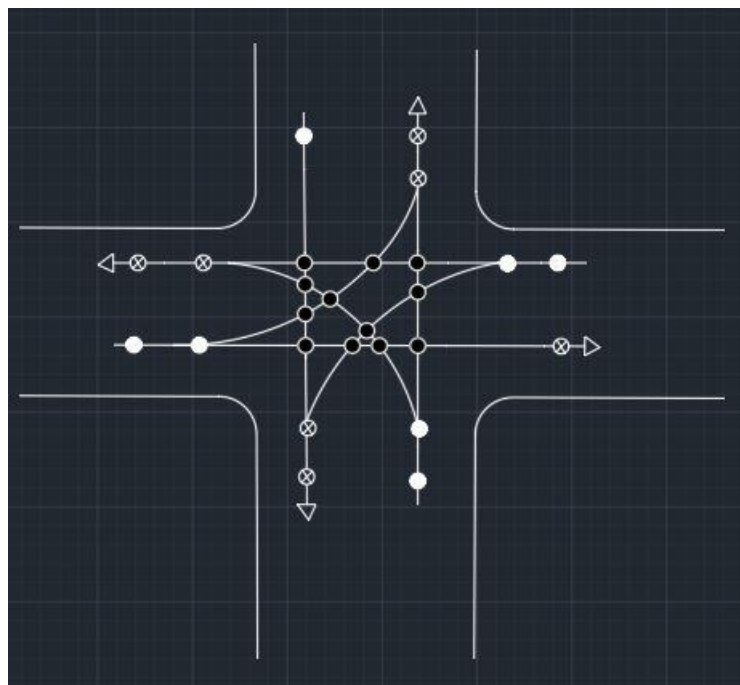
Kod kružnih kretanja s dovoljno velikim polumjerom kretanja presijecanje tokova događa se pod veoma malim kutom, pa se tako umjesto jedne točke presijecanja između dva toka dobije jedna točka ulijevanja i jedna točka izlijevanja. Kod kružnih raskrižja tendencija je da se najveći broj točaka presijecanja pretvara u točke ulijevanja i izlijevanja [9].

Teoretske konfliktne točke postojećeg stanja prikazane su na slici 14.



Slika 14. Prikaz konfliktnih točaka [9]

Najopasnije su radnje preplitanje i presijecanje, a postojeće raskrižje ima čak 12 točaka presijecanja. Ukupno je 26 konfliktnih točaka, od toga 7 uplitanja, 7 isplitanja i 12 presijecanja, što ga čini vrlo nesigurnim. Klasično četverokrako raskrižje ima, kao što se vidi na slici 14., ukupno 32 konfliktna točka, dok na predmetnom raskrižju ne postoji mogućnost skretanja lijevo iz *privoza 4* u *privoz 3*, pa ima jedno isplitanje manje, 4 točke presijecanja manje i jedno uplitanje manje, kao što je prikazano na slici 15.



Slika 15. Konfliktna točka postojećeg raskrižja

4. NEDOSTATCI POSTOJEĆEG RASKRIŽJA S PRIJEDLOZIMA VARIJANTNIH RJEŠENJA RASKRIŽJA

Nakon analize postojećeg stanja, brojenja prometa, analize prometnih nesreća, infrastrukture i ostalog, potrebno je jasno navesti nedostatke promatranog raskrižja te predložiti varijantna rješenja koja bi trebala doprinijeti većoj sigurnosti i protočnosti na njemu.

U ovom poglavlju bit će navedena tri varijantna rješenja, od najpovoljnijeg i najjednostavnijeg do rješenja koje bi velikim financijskim ulaganjem trebalo pružiti veliku protočnost te povećati sigurnost sudionika u prometu na promatranom raskrižju.

4.1. Postojeći nedostatci raskrižja

Većina raskrižja nije primjereno projektirana i uvijek ima prostora za poboljšanje stanja na cestama, no u ovom slučaju radi se o većem problemu s mnogo više nedostataka koji su prethodno navedeni, a posljedično su izazvali 31 prometnu nesreću u proteklih 5 godina. No bez obzira na prometne nesreće, istraživanjem je uočeno stalno zagušenje i repovi čekanja na raskrižju, koji uzrokuju nervozu, trubljenje te vrlo često potpuno zagušenje na raskrižju.

S obzirom na mala financijska sredstva kojima raspolaže Grad Zagreb, raskrižje je već bilo rekonstruirano, no samo promjenom horizontalne i vertikalne signalizacije, što se i dalje može navesti kao jedan od problema jer stara signalizacija nije adekvatno uklonjena s kolnika te može zbuniti vozače. Također, potrebno je navesti da pješački prijelazi nisu udaljeni 5 metara od samog raskrižja kako bi se vozilo moglo zaustaviti prije samog ulaska u raskrižje, a nakon spomenutog pješačkog prijelaza. To se odnosi na glavne smjerove, dok je kod sporednih spomenuti prostor za zaustavljanje adekvatno napravljen.

Nadalje, kao nedostatak raskrižja već je prije navedena slaba preglednost raskrižja te se iz smjera juga mora ući u raskrižje kako bi se uočilo stanje na raskrižju, što često zbuni vozača, pa on stane nasred raskrižja i time pravi rep čekanja na ostalim privozima. Slaba preglednost prikazana je na slici 16., na kojoj se vidi da vozila koja se nalaze na pješačkom prijelazu i dalje ne mogu uočiti vozila sa svoje desne i lijeve strane jer ograde koje se nalaze uz cestu idu gotovo do samog ruba pločnika.



Slika 16. Prikaz slabe preglednosti južnog privoza 2

Istraživanjem je uočeno da je jedan prometni trak na sjevernom izvozu za ravno i desno nedovoljan jer je to zajednički trak za kretanje ravno i skretanje desno. Naime, ranijim paljenjem zelenog svjetla za desno vozila u repu čekanja nisu u mogućnosti krenuti ako je prvo vozilo na semaforu za ravno te se od semafora stvara rep čekanja do promatranog raskrižja i dolazi do zagušenja. Navedeni problem vrlo se jasno vidi na slici 17., gdje vozila koja dolaze iz ostalih privoza ne mogu skrenuti prema *privozu 4* jer je rep čekanja već ušao u promatrano raskrižje, te dolazi do zastoja prometa na raskrižju.



Slika 17. Prikaz repa čekanja na sjevernom privozu 4

4.2. Varijantno rješenje 1

Prvo varijantno rješenje bilo bi dodavanje prometnih trakova na *privozu 4*. Dosadašnjim istraživanjima zaključeno je da je to prijeko potrebno jer se najveći repovi čekanja stvaraju upravo na tom privozu zbog blizine semaforiziranog raskrižja, odnosno zbog nedovoljno prostora između dvaju raskrižja. Samim dodavanjem prometnog traka za desno skretanje iz *privoza 4* u *privoz 1* smanjili bi se repovi čekanja zbog toga što vozila koja skreću desno prema zapadu ne bi morala čekati na vozila koja idu ravno.

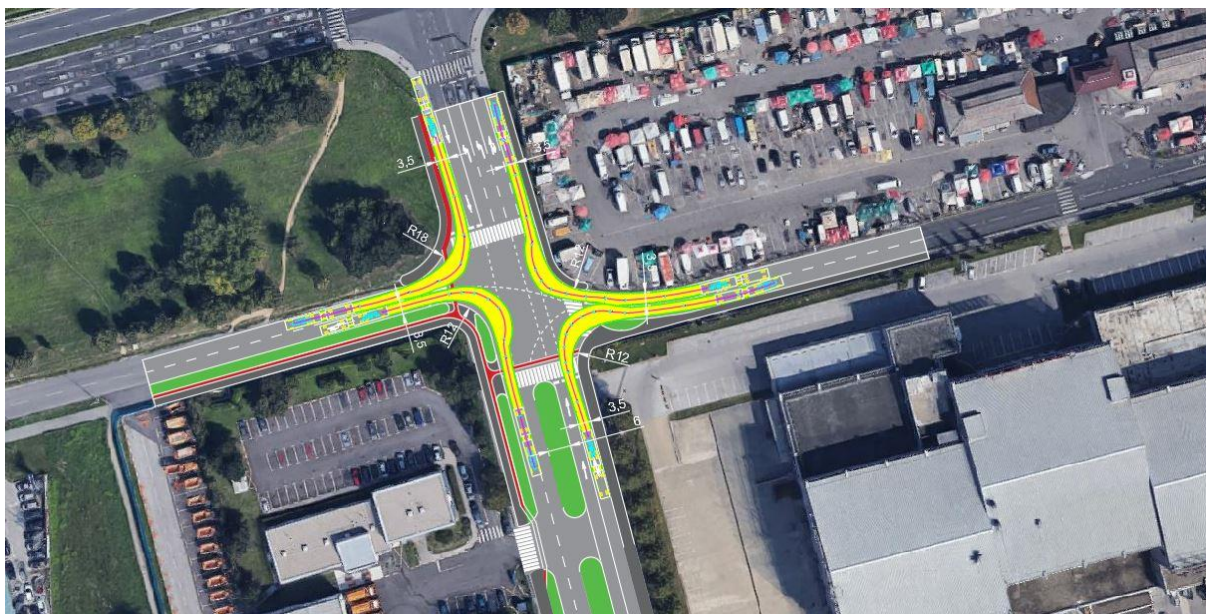
Isto tako, rep čekanja stvara se pri izlazu iz raskrižja na sjevernom prilazu i dolasku do semafora jer sva vozila za kretanje ravno i skretanje desno čekaju u istom prometnom traku,

koji se vrlo brzo optereti i rep čekanja ulazi u raskrižje te dolazi do zastoja. Dodavanjem prometnih trakova taj bi se problem mogao riješiti, a samim smanjenjem repova čekanja u raskrižju došlo bi do veće protočnosti, manjih gužvi, manje nervoze te boljeg i lakšeg snalaženja u raskrižju, što bi automatski rezultiralo i povećanjem sigurnosti u raskrižju.

Na slici 18. prikazan je prijedlog rješenja u programskom alatu AutoCAD, gdje je na sjevernom privozu dodan ulazni trak za skretanje desno i izlazni trak za skretanje desno. Time se rasterećuje raskrižje pri velikom opterećenju i ne dolazi do repova čekanja. Slika 19. prikazuje provoznost mjerodavnog vozila na prvom varijantnom rješenju.



Slika 18. Prvo varijantno rješenje raskrižja



Slika 19. Prikaz provoznosti mjerodavnog vozila na prvom varijantnom rješenju

Prednosti su ovog varijantnog rješenja bolja protočnost jer vozila ne moraju čekati za skretanje udesno, smanjenje repova čekanja koji stvaraju najveće probleme na navedenom raskrižju te rasterećenje pojedinih trakova, pa repovi čekanja ne ulaze u samo raskrižje, a to ostavlja mogućnost za normalno prometovanje u smjeru istok – zapad.

No nedostatak je i dalje mogućnost nastanka prometne nesreće zbog nepoštivanja prava prednosti prolaska, što se ovim varijantnim rješenjem ne bi uvelike poboljšalo.

4.3. Varijantno rješenje 2

Drugo varijantno rješenje djelomično bi obuhvaćalo i prvo jer je izlazni prometni trak na *privozu 4* za desno skretanje nužan kako se ne bi stvarao rep čekanja do samog raskrižja. To se može vidjeti na slici 20. No prijedlog je tog rješenja smanjenje konfliktnih točaka unutar samog raskrižja uvođenjem obveznog smjera desno. Dakle, vozila iz sporednih privoza imala bi obavezan smjer desno te bi imala mogućnost okretanja na kružnom toku na glavnom privožu, kao što je to prikazano na slici 21., te nakon povratka na predmetno raskrižje mogućnost odabira smjera za skretanje desno ili nastavak kretanja ravno. Time bi se potpuno uklonile konfliktne točke presijecanja/križanja prometnih tokova u raskrižju, a kretanje kroz raskrižje bilo bi omogućeno samo glavnim pravcem. Na zapadnoj strani, 370 metara udaljen od predmetnog

raskrižja već se nalazi kružni tok te bi bila potrebna izgradnja kružnog toka samo na istočnoj strani. Kružni tok nalazio bi se odmah iza Zelene tržnice, što je također vidljivo na slici 21. Prijedlog ovog rješenja jest postavljanje mini kružnog toka kao varijanta poboljšanja trenutnog raskrižja.



Slika 20. Prikaz raskrižja kod drugog varijantnog rješenja

Problem koji se javlja pri ovom varijantnom rješenju jest teretni promet koji se ne bi mogao polukružno okrenuti na mini kružnom raskrižju, te bi zato obvezan smjer za desno bio za sva vozila osim teretnih. Postavljanje kamera bilo bi nužno jer bi se tako spriječilo kršenje prometnih propisa, odnosno obveznog skretanja desno za sva osobna vozila.



Slika 21. Prikaz preusmjeravanja prometnih tokova za osobna vozila na području raskrižja

Mini kružno raskrižje jednostručno je kružno raskrižje s provoznim središnjim otokom. Za razliku od klasičnih jednostručnih kružnih raskrižja, kod mini kružnih raskrižja središnji otok izveden je tako da omogućava provoznost većim, odnosno dužim motornim vozilima tako da pri kretanju vozila ravno na mini kružnom toku ne bi dolazilo do nikakvih problema. Pravila vožnje u mini kružnim raskrižjima jednaka su kao i kod ostalih tipova kružnih raskrižja. Očekuje se da automobili prate kružnu putanju oko središnjeg otoka i da ga zaobilaze jer se u suprotnom povećava mogućnost sudara. Dulja vozila, koja zbog premalog polumjera ne mogu zaobići središnji otok, moraju preko njega dijelom ili u potpunosti proći, kao što se može vidjeti na slici 22. Provoznost mjerodavnog vozila na samom raskrižju prikazana je na slici 23.



Slika 22. Provoženje teretnog vozila kroz mini raskrižje s kružnim tokom prometa



Slika 23. Prikaz proznosti mjerodavnog vozila na drugom varijantnom rješenju

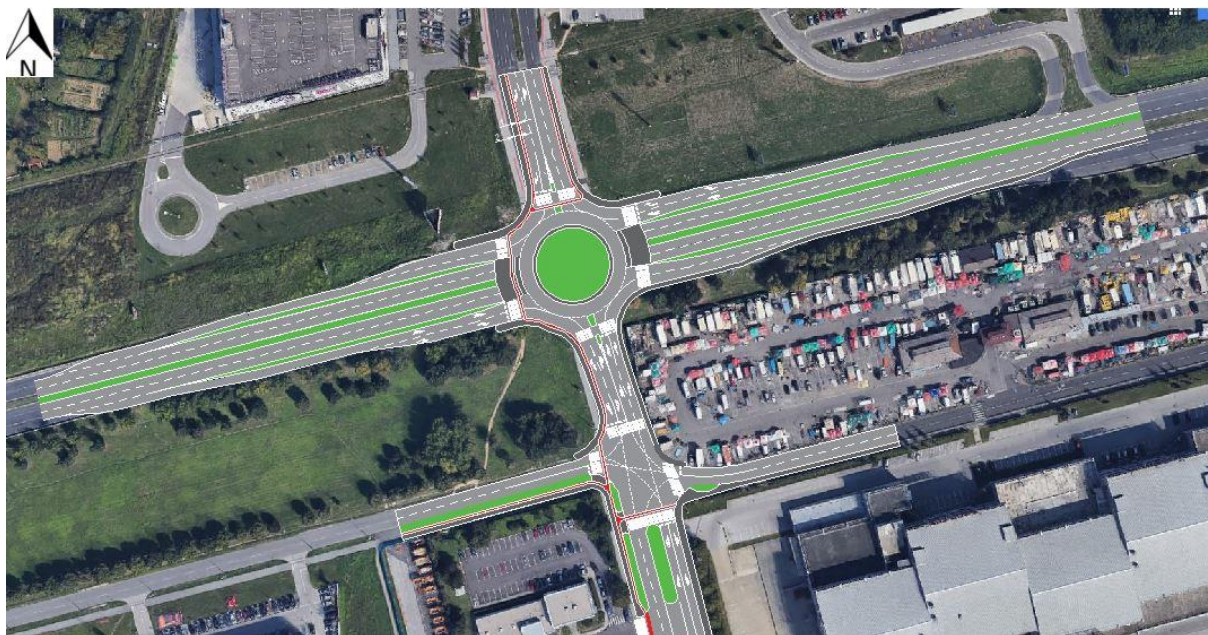
Brojne su prednosti ovog varijantnog rješenja. Sigurnost prometa na analiziranom raskrižju bila bi veća jer bi konfliktne točke između osobnih automobila, lakih teretnih vozila, kojih na raskrižju ima oko 80% u vršnim satima bile točke uplitanja s sporednih privoza na glavni privoz, te moguće točke presjecanja pri odabiru traka na privozu 4. Važno je napomenuti da su konfliktne točke što se teškog teretnog prometa tiče i dalje jednake zbog dopuštenog skretanja u lijevo, no mogućnosti nastanka prometne nezgodne znatno su manje jer je teškog teretnog prijevoza tek oko 1%. Time bi se smanjio broj prometnih nesreća, a protočnost raskrižja bila bi također vrlo dobra jer osobna i laka teretna vozila iz sporednih privoza skreću samo desno, a glavni smjer prometuje bez ometanja.

Glavni je nedostatak drugog varijantnog rješenja izgradnja novog kružnog raskrižja iza Zelene tržnice te mogućnost nastanka repova čekanja na spomenutim kružnim raskrižjima. Također, nedostatak je vožnja do samog kružnog toka, gdje je na zapadnoj strani potrebno voziti 370 metara do kružnog toka, te isto toliko natrag da bi se odabrao željeni smjer, što vrlo često može uzrokovati nezadovoljstvo kod korisnika prometne mreže.

4.4. Varijantno rješenje 3

Treće varijantno rješenje odnosi se više na rješavanje problema raskrižja koje se nalazi do predmetnog raskrižja, čijim bi se poboljšanjem rasteretilo analizirano raskrižje i riješio problem. Naime, većina vozila na predmetno raskrižje dolazi zbog velikih gužvi na glavnoj Slavonskoj aveniji te se na raskrižju stvaraju repovi čekanja. Samim rješavanjem raskrižja glavne Slavonske avenije, koja se nalazi vrlo blizu analiziranog raskrižja, što često i stvara problem jer se zbog velike blizine između spomenutih raskrižja *privoz 4* brzo preopteretiti te rep čekanja ulazi u raskrižje, došlo bi do velikih promjena na cijelom analiziranom području te bi se riješio i problem raskrižja Slavonske avenije s Ulicom Gordana Lederera.

U ovom varijantom rješenju gleda se šira prometna slika. Naime, denivelacijom glavne Slavonske avenije dobila bi se mnogo veća protočnost i sigurnost prometa te bi se time osiguralo nesmetano kretanje vozila u smjeru istok – zapad. To bi rasteretilo predmetno raskrižje i već samim time uvelike riješilo problem. Međutim, najbolje je rješenje vrlo često najskuplje, a tako je i u ovom slučaju. Prijedlog rješenja deniveliranja Slavonske avenije prikazan je na slici 24., a provoznost mjerodavnog vozila na slici 25. Raskrižje s kružnim tokom prometa nalazilo bi se na razini na kojoj je trenutno semaforizirano raskrižje, skupa s trakovima za isključivanje i trakovima za ubrzavanje i priključivanje na Slavonsku aveniju koja prolazi ispod raskrižja s kružnim tokom prometa u smjetu istok – zapad.



Slika 24. Prikaz denivelacije raskrižja



Slika 25. Prikaz mjerodavnog vozila na trećem varijantnom rješenju

Denivelacija raskrižja vrlo je skupo rješenje i zato se izvodi rijetko, no kako je Slavenska avenija zapravo glavna avenija te poveznica istočnog i zapadnog dijela grada, velika je protočnost neophodna, a denivelacijom bi se to moglo postići.

Ovo varijantno rješenje predstavlja denivelaciju, odnosno spuštanje glavne Slavonske avenije ispod trenutačne razine, te postavljanje kružnog raskrižja umjesto semaforiziranog na razini sadašnjeg kolnika.

Treće varijantno rješenje ima najviše prednosti, dobiva se protočnost Slavonske avenije bez točaka konflikta u smjeru istok – zapad, „žila kucavica“ grada Zagreba. Samom denivelacijom i velikom protočnošću Slavonske avenije rasterećuje se pomoćna Slavenska avenija, odnosno raskrižje Slavonske avenije i Ulice Gordana Lederera, što je i bio primarni cilj ovog rada. Također, kružno raskrižje donosi sve prednosti tog tipa raskrižja te sigurnost i protočnost na prometnoj mreži analiziranog područja.

Nedostatak ove varijante su velika investicijska ulaganja.

5. ANALIZA VARIJANTNIH RJEŠENJA RASKRIŽJA SA STAJALIŠTA PROTOČNOSTI I SIGURNOSTI PROMETA

Oblikovna rješenja koja su izrađena u ovome radu na razini su idejnog rješenja, čime se daju osnovna inženjerska, funkcionalna i prostorna rješenja građevine. Idejno rješenje izrađuje se na temelju projektnog zadatka i parametara koji proizlaze iz prethodno izrađene prometne studije prostorno-planske dokumentacije ili ostale postojeće projektne dokumentacije u zoni objekta za koji se izrađuje idejno prometno rješenje.

Idejnim prometnim rješenjem prikazuje se tehničko rješenje prometnog objekta usklađeno s propisima, uvjetima konkretne lokacije i pravilima struke tako da uvjetima budu ispunjeni zahtjevi od javnog interesa. Izabrano idejno rješenje podloga je za daljnju razradu projektne dokumentacije. Idejno rješenje može se izrađivati za nekoliko varijanti te poslužiti kao podloga za izbor najprikladnije varijante [10].

U ovom poglavlju analizirat će se varijantna rješenja s obzirom na sigurnost i protočnost prometa. Rješenja su vrlo različita i dana na temelju istraživanja koja pokazuju da kružno raskrižje nije moguće postaviti na predmetno raskrižje zbog nedovoljno prostora. Također, često semaforizirano raskrižje rješava problem, no u ovom slučaju ni to nije izvedivo zbog premalog razmaka do drugog semaforiziranog raskrižja, koje se nalazi na udaljenosti manjoj od 50 metara.

Usporedit će se tri varijantna rješenja. Prvo rješenje koje predstavlja dodavanje dvaju prometnih trakova na sjevernom privozu, drugo varijantno rješenje koje uz dodavanje jednog prometnog traka ima obvezan smjer desno za vozila mase manje od 5 tona te treće varijantno rješenje, odnosno denivelacija glavne Slavonske avenije, gdje se zapravo radi na rasterećenju predmetnog raskrižja.

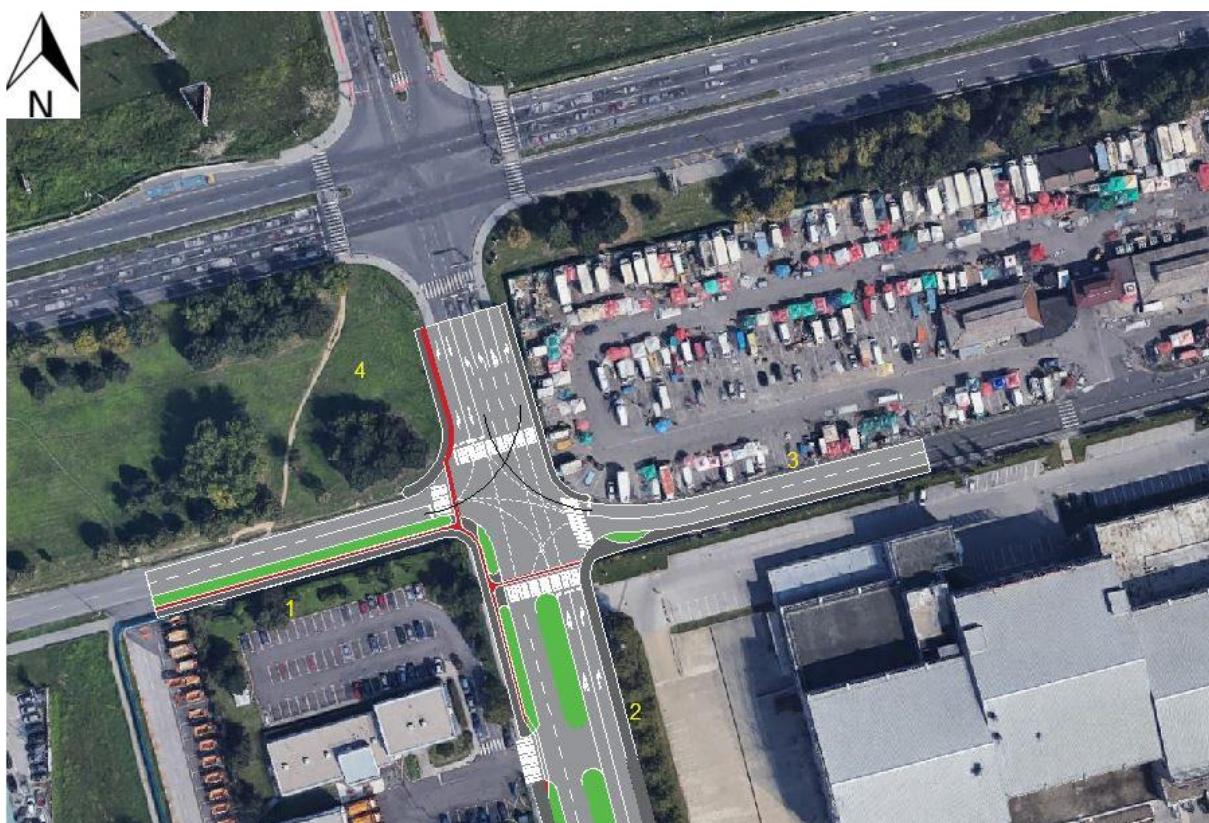
5.1. Usporedba varijantnih rješenja s obzirom na sigurnost

Intenzitet konflikta u izravnoj je pozitivnoj korelaciji sa sigurnošću prometa u točki, a time i na mreži i na raskrižjima. Odnos između jedinica intenziteta konflikta i prometne nesreće može se istražiti. Intenzitet konflikta raste s porastom prometnih tokova u točki konflikta. Međutim, iako porast intenziteta konflikta izaziva povećan broj nesreća, posljedice nastale nesreće ne moraju imati istu korelaciju. Tako u uvjetima prometnog zagušenja nema težih

posljedica prometnih nesreće. Zapravo, ako je veća količina konflikata, veća je i vjerojatnost događanja prometnih nesreća zbog veće izloženosti riziku. Svakako da su presijecanja prometnih tokova najopasnija [9].

Kako je na analiziranom raskrižju često prometno zagušenje, prometne posljedice najčešće su samo materijalna šteta i lakše ozljede sudionika, kako je i prikazano u tablici 1. u trećem poglavlju.

Prvim varijantnim rješenjem ne dobiva se mnogo na sigurnosti u odnosu na postojeće stanje. Dodavanjem trakova smanjuje se rep čekanja u raskrižju, što svakako utječe na sigurnost jer su manje vjerojatnosti za nalijetanje na vozilo ispred ili ulaskom u raskrižje gdje nema repa čekanja, a nema ni mogućnosti bočnog naleta na vozilo. No dodavanjem trakova *privoz 4* imao bi čak četiri izvozna traka, što se može uočiti na slici 26., te može stvarati problem pri preplitanju vozila u odabiru potrebnog smjera.



Slika 26. Prikaz presijecanja pri odabiru traka na sjevernom privozu

Ovakvo stanje postoji i trenutačno na predmetnom raskrižju, no dodavanjem još jednog prometnog traka situacija bi se dodatno pogoršala u pogledu sigurnosti, iako te situacije nisu do sada bile sporne te nije dolazilo do prometnih nesreća tim načinom presijecanja i oduzimanja

prednosti u raskrižju. Dakle, situacija bi s aspekta sigurnosti ostala gotovo ista, vjerojatno i bolja jer bi bilo manje repova čekanja.

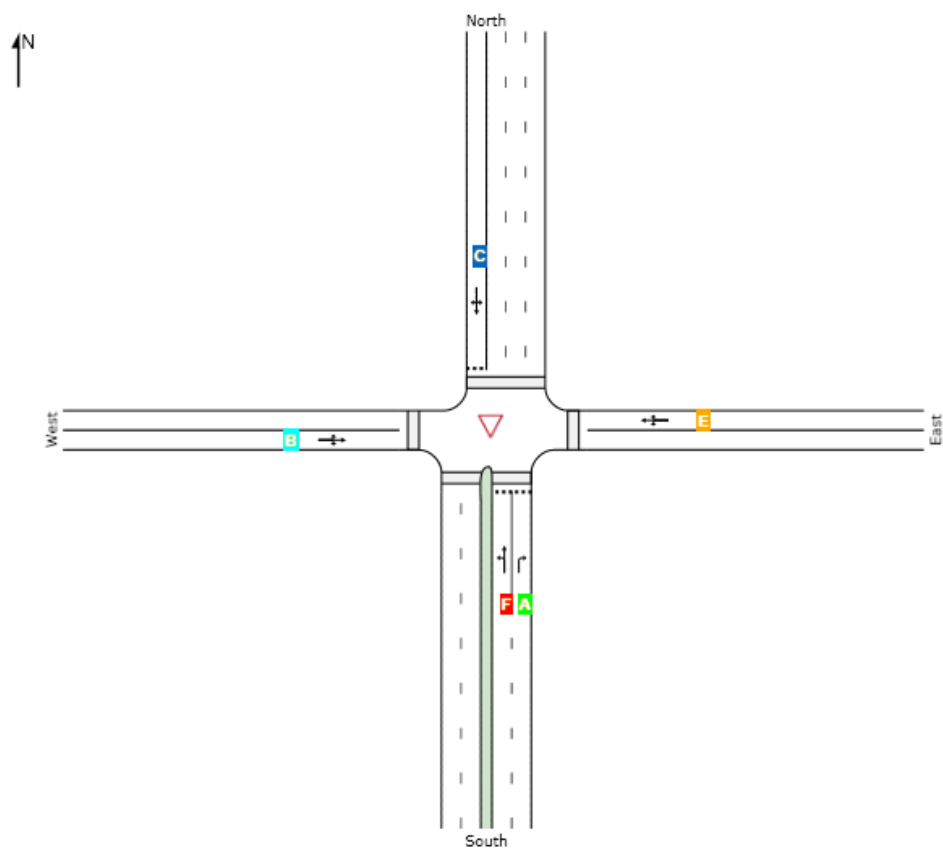
Druga je varijanta najsigurnija za analizirano raskrižje. Naime, obaveznim skretanjem desno za sva vozila mase manje od 5 tona dobiva se raskrižje bez ijedne točke konflikta. Promet se usmjerava na kružne tokove koji imaju 4 točke ulijevanja i 4 točke izlivanja, što kružna raskrižja čini vrlo sigurnim i na prometnoj mreži dobila bi se sigurnija prometna situacija. S aspekta sigurnosti, ovo je rješenje vrlo efektivno jer nema konfliktnih točaka za osobna vozila. Teretna vozila ne bi se mogla polukružno okrenuti na kružnom i mini kružnom raskrižju, pa bi njima bilo dopušteno kretanje ravno te skretanje lijevo i desno. Sigurnost bi se u svakom slučaju povećala jer je postotak osobnih vozila i lakih teretnih koja se također mogu okrenuti polukružno veći od 90 %. Raskrižjem prometuje i dosta teretnih vozila, no dobrom regulacijom i poštivanjem pravila ova bi varijanta uvelike pridonijela poboljšanju sigurnosti raskrižja.

Treća varijanta, odnosno denivelacija Slavonske avenije poprilično je dobro i sigurno rješenje. Vozila na Slavonskoj aveniji koja prometuju ravno u smjeru zapad – istok ili obrnuto nemaju točaka konflikta, dok bi za vozila koja skreću lijevo ili desno kružno raskrižje bilo optimalno rješenje zbog već navedenih prednosti koje ono pruža.

5.2. Usporedba varijantnih rješenja s obzirom na protočnost

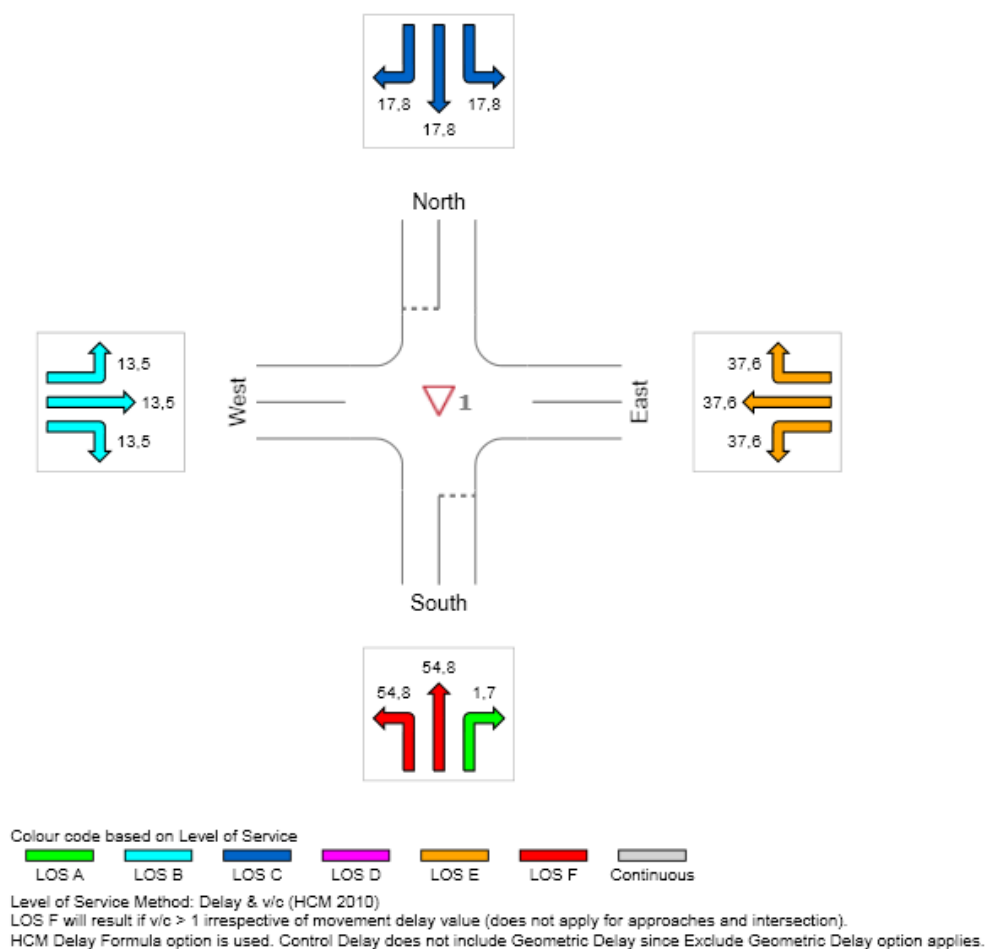
Propusna moć prometne mreže u prvom redu ovisi o propusnoj moći raskrižja. Propusna moć svakog pojedinog raskrižja ovisi, između ostalog, i o količini (intenzitetu) konflikata između prometnih tokova. Količina konflikata između prometnih tokova ovisi o njihovom intenzitetu, kao i o odnosu između njih [9].

Usporedbe varijantnih rješenja s obzirom na protočnost analizirane su pomoću programskog alata Sidra Intersection 6.0 te je na slici 27. prikazana postojeća razina usluge svakog privoza. Na slici se može vidjeti da je najlošija usluga s *privoza 2*, odnosno razina usluge F. Razine usluge samog raskrižja vrlo su loše i za *privoz 1*, koji ima razinu usluge E te nije uzeto u obzir da se iduće semaforizirano raskrižje nalazi tek na 50-ak metara udaljenosti i da se tu stvara rep čekanja tijekom crvenog svjetla, što još više utječe na razinu usluge koja se određuje na temelju prosječnog vremena kašnjenja koje se definira kao vrijeme koje protekne od trenutka kada vozilo dođe na kraj repa čekanja do trenutka kad prođe kroz stop liniju. [10]



Slika 27. Razina usluge postojećeg stanja

Na slici 28. prikazano je prosječno vrijeme kašnjenja u sekundama pojedinih privoza na postojećem raskrižju, dok slika 29. objedinjuje sve podatke vezane za postojeće stanje raskrižja.

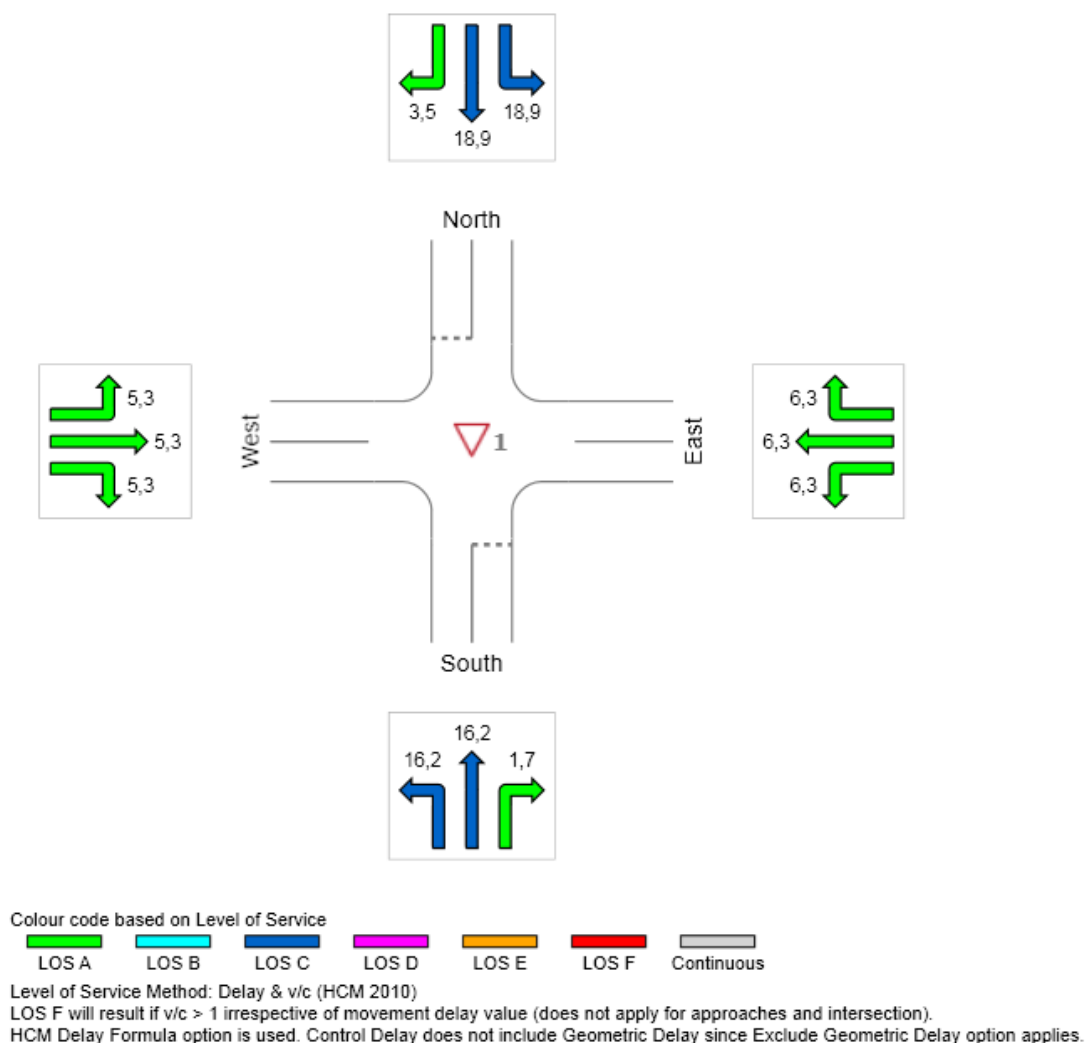


Slika 28. Prosječno vrijeme kašnjenja postojećeg raskrižja

Movement Performance - Vehicles													
Mov ID	OD Mov	Total veh/h	Demand Flows HV %	Total veh/h	Arrival Flows HV %	Deg. Satn v/c	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles veh	Distance m	Prop. Queued	Effective Stop Rate per veh	Average Speed km/h
South: South													
3	L2	13	16,7	13	16,7	0,522	54,8	LOS F	2,7	23,0	0,91	1,26	14,7
8	T1	67	11,3	67	11,3	0,522	54,8	LOS F	2,7	23,0	0,91	1,26	11,5
18	R2	59	0,0	59	0,0	0,065	1,7	LOS A	0,3	2,1	0,38	0,24	19,8
Approach		139	7,0	139	7,0	0,522	32,4	LOS D	2,7	23,0	0,69	0,83	15,5
East: East													
1	L2	45	4,9	45	4,9	0,642	37,6	LOS E	15,4	123,6	0,64	0,26	20,7
6	T1	345	7,9	345	7,9	0,642	37,6	LOS E	15,4	123,6	0,64	0,26	23,1
16	R2	150	4,3	150	4,3	0,642	37,6	LOS E	15,4	123,6	0,64	0,26	17,4
Approach		539	6,7	539	6,7	0,642	37,6	NA	15,4	123,6	0,64	0,26	21,7
North: North													
7	L2	10	0,0	10	0,0	0,490	17,8	LOS C	2,8	22,2	0,67	0,94	16,5
4	T1	97	10,1	97	10,1	0,490	17,8	LOS C	2,8	22,2	0,67	0,94	16,5
14	R2	115	1,9	115	1,9	0,490	17,8	LOS C	2,8	22,2	0,67	0,94	16,5
Approach		222	5,4	222	5,4	0,490	17,8	LOS C	2,8	22,2	0,67	0,94	16,5
West: West													
5	L2	92	16,5	92	16,5	0,434	13,5	LOS B	4,4	37,5	0,25	0,13	23,9
2	T1	213	11,2	213	11,2	0,434	13,5	LOS B	4,4	37,5	0,25	0,13	28,3
12	R2	52	14,6	52	14,6	0,434	13,5	LOS B	4,4	37,5	0,25	0,13	24,9
Approach		358	13,1	358	13,1	0,434	13,5	NA	4,4	37,5	0,25	0,13	26,9
All Vehicles		1258	8,3	1258	8,3	0,642	26,7	NA	15,4	123,6	0,54	0,41	21,3

Slika 29. Sažeti prikaz podataka protočnosti, kašnjenja, razine usluge, repa čekanja, udaljenosti, brzina postojećeg stanja raskrižja u programskom paketu Sidra Intersection

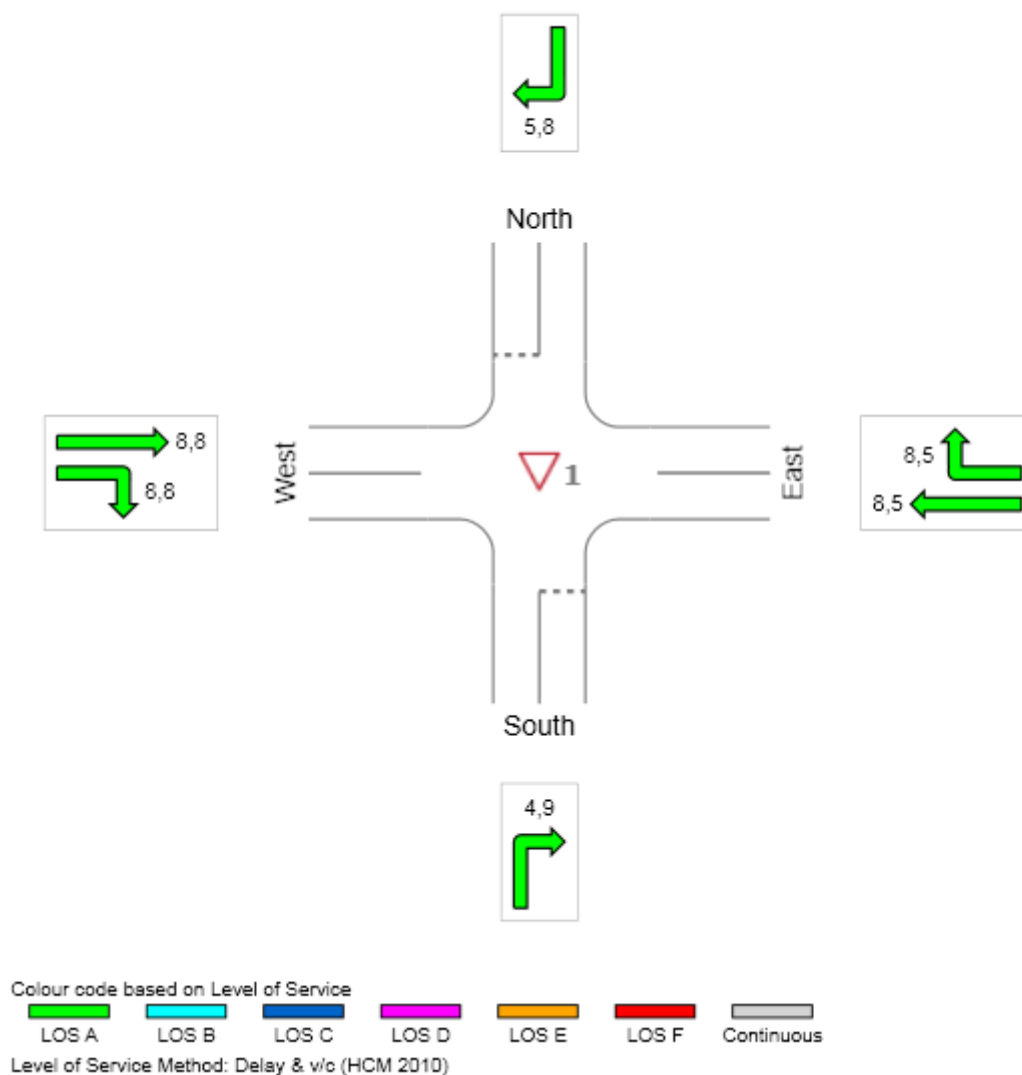
Prvim varijantnim rješenjem, odnosno samo dodavanjem trakova na *privozu 4* dobiva se mnogo s obzirom na to da se svi trakovi u nekoj mjeri rasterećuju kada sjeverni trak može primiti više vozila za ravno, lijevo i desno te ne dolazi do repa čekanja. Na slici 30. vidi se da manju protočnost imaju samo sporedni privozi pri vožnji ravno i skretanju lijevo, što je uobičajeno za sva raskrižja. Glavni tok postaje potpuno protočan, desni skretači na sporednim tokovima također jer je na *privozu 4* dodan prometni trak samo za desne skretače.



Slika 30. Prosječno vrijeme kašnjenja prve varijante

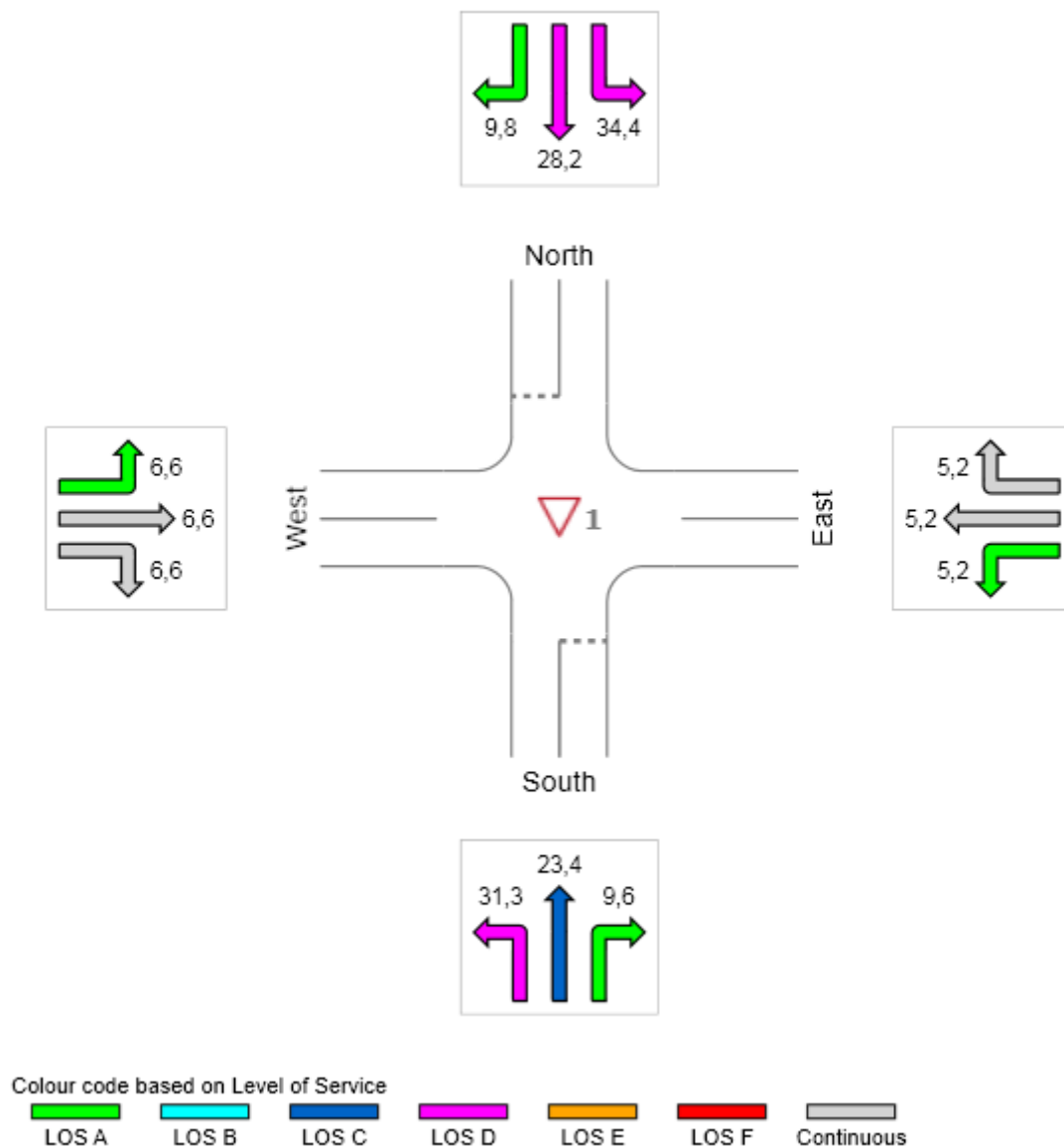
Druga varijanta prikazuje malo vrijeme kašnjenja na raskrižju, ne uzimajući u obzir stanje prometa na kružnim raskrižjima prema kojima su vozila obvezna skrenuti desno. Prema tome, logično je da je raskrižje potpuno protočno, odnosno da su vremena kašnjenja vrlo mala, što se može vidjeti na slici 31. Mogući problem mogle bi predstavljati gužve na kružnim raskrižjima,

koje nisu dodatno analizirane, no budući da su kružna raskrižja protočnija i sigurnija, pretpostavlja se da ne bi dolazilo do repova čekanja, osobito zato što teretni promet nije obvezan skrenuti desno i ići na kružno raskrižje.



Slika 31. Posječno vrijeme kašnjenja druge varijante

Zadnja, treća varijanta jest denivelacija glavne Slavonske avenije, kojom bi se rasteretilo analizirano raskrižje. Ovom varijantom razmatra se promet širega područja, što je opisano i u analizi promatranog područja, gdje je navedeno da je Slavonska avenija „žila kucavica“ grada Zagreba te da bi denivelacijom Slavonske avenije vrijeme putovanja u smjeru istok – zapad bilo znatno kraće.



Slika 32. Prosječno vrijeme kašnjenja treće varijante

Na slici 32. može se vidjeti da bi smjer istok – zapad bio rasterećen i protočan, dok bi lijevi skretači sa sporednih privoza i dalje ponekad bili u repu čekanja.

6. SIMULACIJA PROMETA I IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA

U ovom poglavlju bit će simulirana ponuđena prometna rješenja u računalnom alatu Sidra Intersection, alatu namijenjenu za analizu alternativnih oblika raskrižja u pogledu propusne moći, razine usluge i ostalih prometnih parametara, kao što su vrijeme kašnjenja, duljina repa čekanja, kretanje i zaustavljanje vozila i pješaka na raskrižju i slično. Osim navedenog, alat ima mogućnosti analize raskrižja u pogledu potrošnje goriva, zagađenja okoliša ili troškova putovanja. Taj program razvio se kao odgovor na sva istraživanja prometnih stručnjaka Australije i SAD-a, kao i cijeloga svijeta. Koristi se u projektiranju novih, ali i postojećih semaforiziranih raskrižja, signaliziranih pješačkih prijelaza, kružnih raskrižja, signaliziranih kružnih raskrižja, nesemaforiziranih raskrižja, svih tipova kontrole prometa i slično [12].

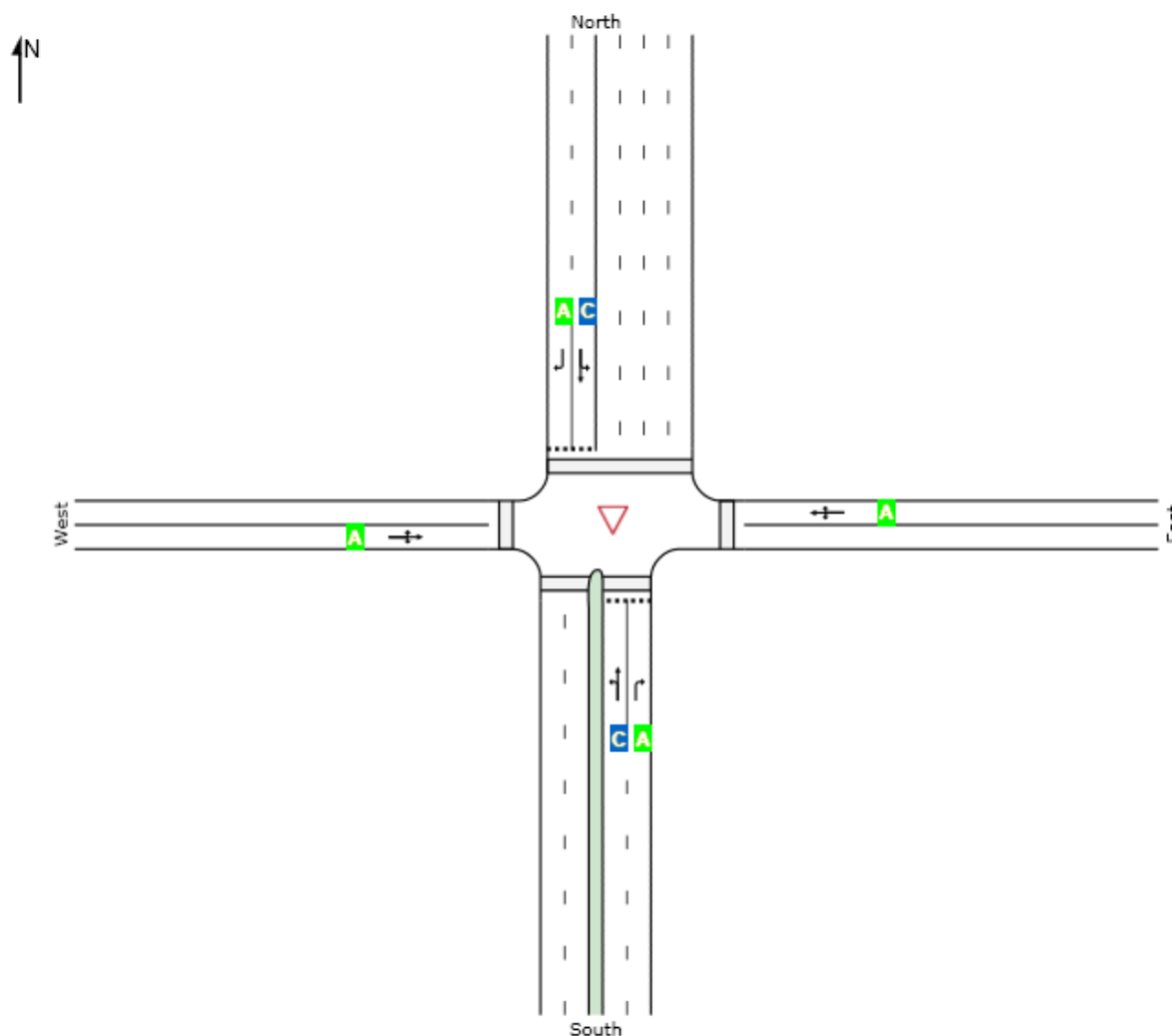
Također, bit će ponuđeno optimalno rješenje s obzirom na sigurnost i protočnost prometa, a ono će biti doneseno na temelju cjelovite analize prikupljenih podataka.

6.1. Simulacija prometnih tokova za varijantno rješenje br. 1

U simulacijskom alatu Sidra Intersection izrađena je simulacija predloženog rješenja raskrižja Slavonske avenije i Ulice Gordana Lederera. Za ulazne podatke koristit će se prometna opterećenja u vršnom satu. Izlazni podatci najbitniji su dio simulacije, na temelju čega se donose zaključci o postojećem stanju raskrižja.

Razina usluge kvalitativna je mjera koja označava uvjete vožnje koji se mogu pojaviti na određenoj cesti kada prima različite količine prometa. Definirano je šest razina usluge, od A do F. Razina usluge A predstavlja najbolje operativne uvjete, a razina F najlošije.

Na slici 33. prikazana je razina usluge za prvo varijantno rješenje, gdje se dodavanjem prometnog traka dobiva bolja razina usluge nego na postojećem raskrižju. Gotovo je u svim prometnim trakovima razina usluge A, odnosno najbolja razina usluge, dok je samo na sporednim privozima za ravno i lijevo razina usluge C.



Slika 33. Prikaz razine usluge prve varijante u programskom alatu Sidra Intersection

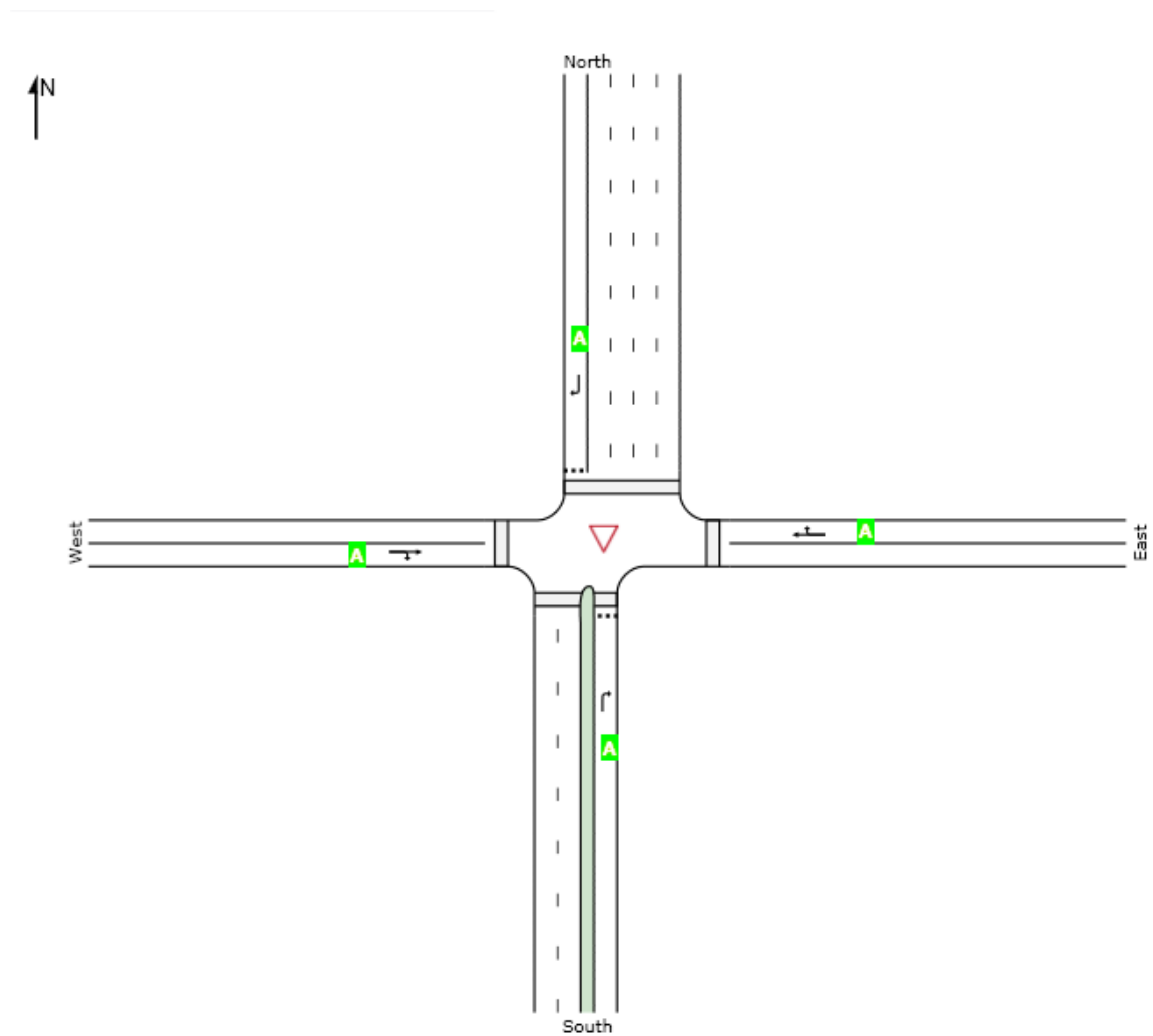
Na slici 34. prikazani su svi podaci (protočnost, kašnjenja, razine usluge, rep čekanja, udaljenosti, brzina postojećeg stanja raskrižja) vezani za prvo varijantno rješenje. Vidljivo je da se prosječno vrijeme čekanja svih vozila smanjilo s 26,7 s na 7,3 s te je tim varijantnim rješenjem dobivena prosječna brzina svih vozila od 25,8 km/h.

Movement Performance - Vehicles													
Mov ID	OD Mov	Total veh/h	Demand Flows HV %	Total veh/h	Arrival Flows HV %	Deg. Satn v/c	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles veh	Distance m	Prop. Queued	Effective Stop Rate per veh	Average Speed km/h
South: South													
3	L2	13	16,7	13	16,7	0,284	16,2	LOS C	1,0	8,7	0,76	0,85	18,3
8	T1	67	11,3	67	11,3	0,284	16,2	LOS C	1,0	8,7	0,76	0,85	16,4
18	R2	59	0,0	59	0,0	0,065	1,7	LOS A	0,3	2,1	0,38	0,24	19,8
Approach		139	7,0	139	7,0	0,284	10,1	LOS B	1,0	8,7	0,60	0,59	18,4
East: East													
1	L2	45	4,9	45	4,9	0,597	6,3	LOS A	4,9	39,6	0,22	0,09	26,6
6	T1	345	7,9	345	7,9	0,597	6,3	LOS A	4,9	39,6	0,22	0,09	30,7
16	R2	150	4,3	150	4,3	0,597	6,3	LOS A	4,9	39,6	0,22	0,09	27,4
Approach		539	6,7	539	6,7	0,597	6,3	NA	4,9	39,6	0,22	0,09	29,7
North: North													
7	L2	10	0,0	10	0,0	0,338	18,9	LOS C	1,3	10,9	0,75	0,88	16,3
4	T1	97	10,1	97	10,1	0,338	18,9	LOS C	1,3	10,9	0,75	0,88	16,3
14	R2	115	1,9	115	1,9	0,152	3,5	LOS A	0,7	5,1	0,50	0,41	19,2
Approach		222	5,4	222	5,4	0,338	10,9	LOS B	1,3	10,9	0,62	0,64	17,7
West: West													
5	L2	92	16,5	92	16,5	0,418	5,3	LOS A	2,6	21,7	0,15	0,08	27,6
2	T1	213	11,2	213	11,2	0,418	5,3	LOS A	2,6	21,7	0,15	0,08	30,8
12	R2	52	14,6	52	14,6	0,418	5,3	LOS A	2,6	21,7	0,15	0,08	26,8
Approach		358	13,1	358	13,1	0,418	5,3	NA	2,6	21,7	0,15	0,08	29,5
All Vehicles		1258	8,3	1258	8,3	0,597	7,3	NA	4,9	39,6	0,31	0,24	25,8

Slika 34. Izgled tabličnog prikaza podataka u programu Sidra Intersection za prvo varijantno rješenje raskrižja

6.2. Simulacija prometnih tokova za varijantno rješenje br. 2

Druga simulacija odnosi se na obvezno skretanje desno vozilima sa sporednih privoza. Razina usluge analiziranog raskrižja prikazana je na slici 35. Vrlo je jasno da je razina usluge na svim privozima A zbog toga što nema konfliktnih točaka niti propuštanja vozila na analiziranom raskrižju. Slika 36. predstavlja prikaz svih vrijednosti druge varijante te se uočava da je vrijeme kašnjenja 7,9 s, dok je prosječna brzina 26,4 km/h.



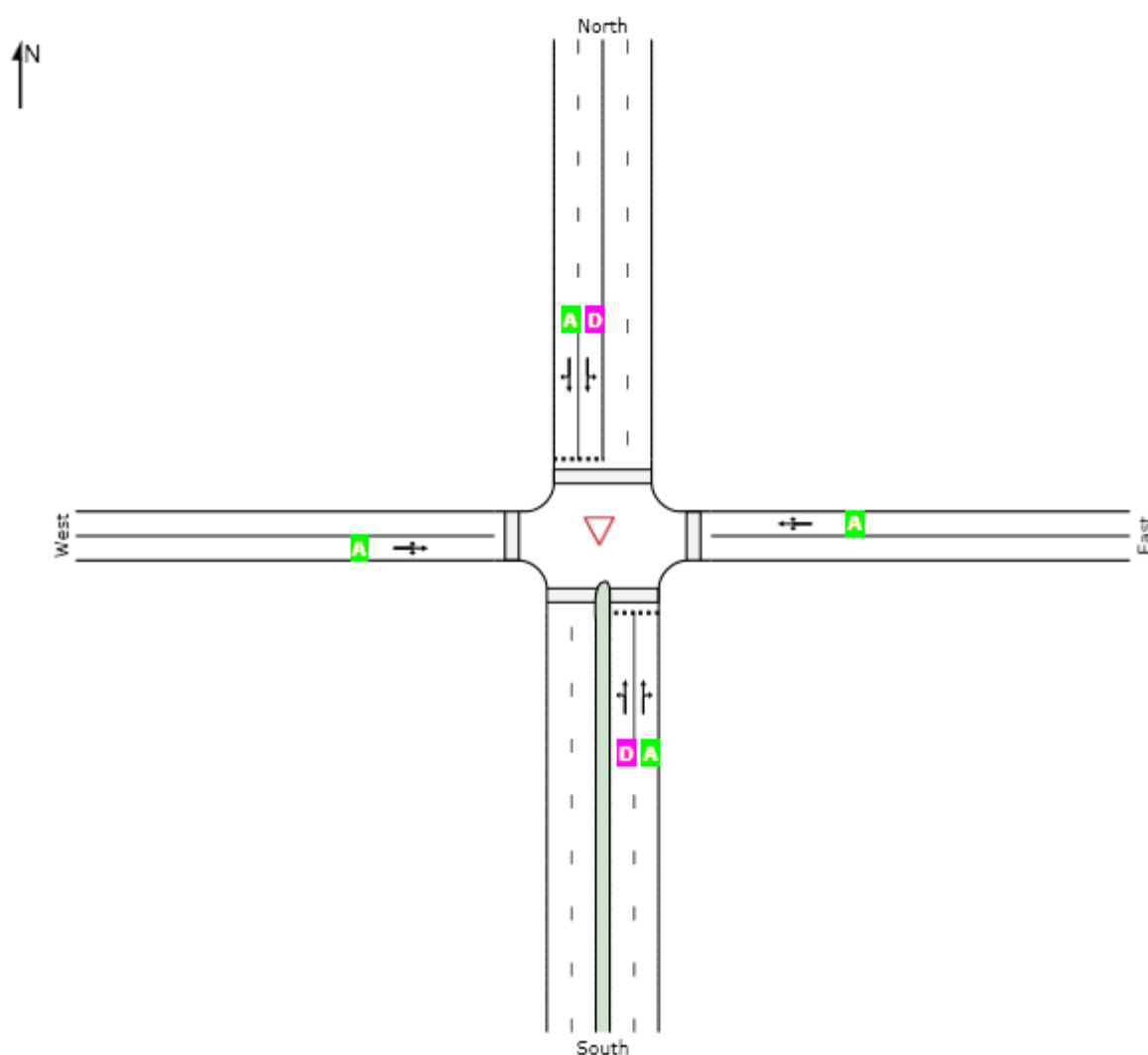
Slika 35. Razina usluge drugog varijantnog rješenja

Movement Performance - Vehicles													
Mov ID	OD Mov	Demand Flows		Arrival Flows		Deg. Satn	Average Delay	Level of Service	95% Back of Queue	Distance	Prop. Queued	Effective Stop Rate	Average Speed
		Total veh/h	HV %	Total veh/h	HV %	v/c	sec		Vehicles veh	m		per veh	km/h
South: South													
16	R2	139	7.0	139	7.0	0.209	4.9	LOS A	0.9	7.2	0.56	0.50	19.3
Approach		139	7.0	139	7.0	0.209	4.9	LOS A	0.9	7.2	0.56	0.50	19.3
East: East													
6	T1	389	7.0	389	7.0	0.677	8.5	LOS A	7.0	56.2	0.30	0.11	30.0
16	R2	217	4.0	217	4.0	0.677	8.5	LOS A	7.0	56.2	0.30	0.11	26.4
Approach		607	5.9	607	5.9	0.677	8.5	NA	7.0	56.2	0.30	0.11	29.1
North: North													
14	R2	222	4.4	222	4.4	0.314	5.8	LOS A	1.6	12.8	0.59	0.59	18.7
Approach		222	4.4	222	4.4	0.314	5.8	LOS A	1.6	12.8	0.59	0.59	18.7
West: West													
2	T1	421	8.5	421	8.5	0.675	8.8	LOS A	6.6	54.1	0.30	0.11	30.3
12	R2	162	12.1	162	12.1	0.675	8.8	LOS A	6.6	54.1	0.30	0.11	26.4
Approach		583	9.5	583	9.5	0.675	8.8	NA	6.6	54.1	0.30	0.11	29.1
All Vehicles		1550	7.2	1550	7.2	0.677	7.9	NA	7.0	56.2	0.36	0.22	26.4

Slika 36. Sažeti podaci drugog varijantnog rješenja

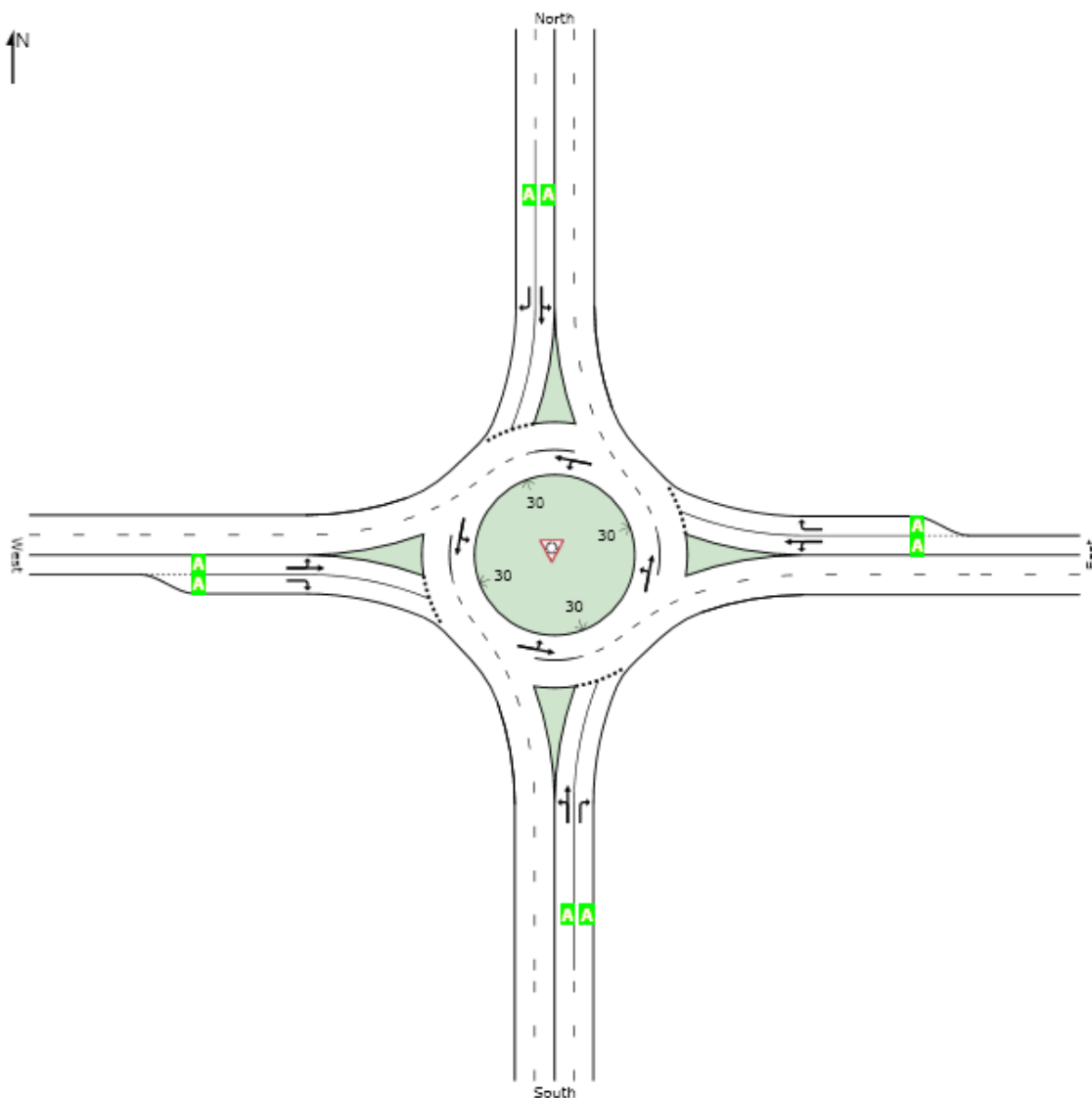
6.3. Simulacija prometnih tokova za varijantno rješenje br. 3

Kod treće varijante razmotrit će se razina usluge na analiziranom raskrižju te razina usluge na susjednom novom raskrižju s kružnim tokom prometa (RKT) na kojem je napravljena denivelacija raskrižja. Na slici 37. prikazana je razina usluge analiziranog raskrižja te se može vidjeti na većini privoza razina usluge A, dok su samo sa sporednih privoza trakovi za kretanje ravno i skretanje lijevo razina usluge C.



Slika 37. Prikaz razine usluge varijantnog rješenja 3 za raskrižje ulice Gordana Lederera i Slavonske avenije

Na slici 38. prikazana je razina usluge novog RTK nakon denivelacije, većina vozila prometuje u smjeru istok – zapad, pa kružno raskrižje nije toliko opterećeno te se može vidjeti da je raskrižje razine usluge A.



Slika 38. Prikaz razine usluge novog kružnog raskrižja na križanju Slavonske avenije i Ulice Gordana Lederera

Kao optimalno rješenje odabrala bi se treća varijanta. Rješavanjem problema samog raskrižja Slavonske avenije i Ulice Gordana Lederera ne može se napraviti mnogo, no uključivanjem u rješenje i susjednog raskrižja glavne Slavonske avenije s Ulicom Siniše Glavaševića, no gledanjem na cijelu prometnu mrežu problem se rješava na gradskoj razini, a samim dobivanjem veće protočnosti Slavonske avenije rasterećuje se analizirano raskrižje, čime se smanjuju repovi čekanja, a time i smanjuje broj prometnih nesreća na raskrižju.

7. ZAKLJUČAK

Analizom raskrižja Slavonske avenije i Ulice Gordana Lederera utvrđeni su brojni nedostaci, koji se očituju u prvom redu stvaranjem zagušenja na raskrižju i velikim brojem prometnih nesreća. Stvaranje zagušenja sa sobom povlači mnoge štetne utjecaje kao što su ekološka zagađenja, visok stupanj stresnog života u gradu te također povećani financijski troškovi u različitim segmentima, a sve to nastoji se svesti na najmanju moguću mjeru.

Analizom postojećeg stanja dobiven je uvid u prometno-tehničke elemente raskrižja te je utvrđen niz nedostataka, od kojih su najveći neprepoznatljivost prednosti prolaska, nedovoljna preglednost, prevelike brzine kretanja i blizina semaforiziranog raskrižja. Uz prometno-tehničke, analizirani su sigurnosni elementi, tj. vrste i posljedice prometnih nesreća. Nakon analize postojećeg stanja provedeno je brojenje prometa na raskrižjima promatrane dionice ceste da bi se dobili podaci o broju vozila i strukturi prometnog toka. Uzevši u obzir podatke o analizi postojećeg stanja i brojenja prometa uz sve navedene nedostatke, predložene su mjere za poboljšanja projektnih elemenata raskrižja.

U svrhu povećanja sigurnosti i propusne moći raskrižja predložena su tri idejna varijantna rješenja raskrižja:

- dodavanje prometnih trakova na *privozu 4*
- obvezno skretanje desno sa sporednih privoza
- denivelacija Slavonske avenije.

Odabir optimalne varijante izvršen je na temelju ulaznih podataka, simulacijom odvijanja prometnih tokova na računalu i analizom prikupljenih izlaznih podataka korištenjem programskog alata Sidra Intersection te analizom stanja sigurnosti postojećeg stanja i predloženih varijanti.

Na temelju analize dobivenih podataka može se zaključiti da je druga varijanta s aspekta sigurnosti optimalna jer se smanjuje broj konfliktnih točaka, no gledanjem na širu sliku prometne situacije, treća varijanta rješava više problema te rasterećuje cijelu prometnu mrežu na tom području, čime se rješava i problem analiziranog raskrižja. Naime, rekonstrukcija postojećeg stanja raskrižja s financijskog aspekta mnogo je isplativija nego denivelacija raskrižja s kružnim tokom prometa, dok je s aspekta sigurnosti i protočnosti ipak denivelirano raskrižje s kružnim tokom sigurnije za cjelokupan prometni sustav. S obzirom na to da je cilj

ovog rada vezan isključivo za povećanje razine sigurnosti i propusne moći na predmetnom raskrižju, kao optimalno rješenje izabrana je varijanta denivelacije raskrižja.

Literatura

- [1] Legac, I.: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.
- [2] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta/Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [3] <https://geoportal.zagreb.hr/Karta> (lipanj 2019.)
- [4] AutoTURN 9.0, Uputstva za uporabu, Transoft Solutions Inc., Richmond, Kanada, 2014.
- [5] Perović, V.: Prometna tehnika 2, Škola za cestovni promet, Zagreb, 2005.
- [6] Zakon o sigurnosti prometa na cestama NN, broj 67/08, Zagreb, 2008.
- [7] Zovak, G.; Šarić, Ž.: Prometno tehničke ekspertize (autorizirana predavanja); Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2017.
- [8] Podaci o prometnim nesrećama, Policijska uprava Zagrebačka, Grad Zagreb, 2019.
- [9] Dadić, I.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, 2014
- [10] Brlek, P.; Dadić, I.; Šoštarić, M.: Prometno tehnološko projektiranje (autorizirana predavanja); Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.
- [11] https://hrvatske-cestes.hr/uploads/documents/attachment_file/file/106/SMJERNICE_KRUZNA_RASKRIZJA-HRVATSKE_CESTE.pdf (lipanj 2019.)
- [12] <http://www.sidrasolutions.com> (lipanj 2019.)

Popis slika

Slika 1. Raskrižje u razini [2]

Slika 2. Polje preglednosti kod približavanja vozila raskrižju [2]

Slika 3. Privozna preglednost [2]

Slika 4. Prikaz postojećeg stanja s brojevima privoza

Slika 5. Rep čekanja na sjevernom privozu

Slika 6. Položaj promatranog raskrižja [3]

Slika 7. Prikaz postojećeg raskrižja [3]

Slika 8. Prikaz postojećeg stanja u programskom alatu AutoCAD

Slika 9. Neadekvatno uklonjena stara signalizacija na sjevernom privozu (2)

Slika 10. Dimenzije mjerodavnog vozila [4]

Slika 11. Prikaz provoza mjerodavnog vozila u programu AutoTurn na postojećem raskrižju

Slika 12. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja u jutarnjem vršnom satu

Slika 13. Teretna vozila iz Zagrebačkog holdinga zimske službe održavanja prilikom ulaska na raskrižje

Slika 14. Prikaz konfliktnih točaka [9]

Slika 15. Konfliktne točke postojećeg raskrižja

Slika 16. Prikaz slabe preglednosti južnog privoza

Slika 17. Prikaz repa čekanja na sjevernom privozu

Slika 18. Prvo varijantno rješenje

Slika 19. Prikaz provoznosti mjerodavnog vozila na prvom varijantnom rješenju

Slika 20. Prikaz raskrižja kod drugog varijantnog rješenja

Slika 21. Prikaz obveznog skretanja desno

Slika 22. Provoženje teretnog vozila kroz mini raskrižje s kružnim tokom prometa

Slika 23. Prikaz provoznosti mjerodavnog vozila na drugom varijantnom rješenju

Slika 24. Prikaz denivelacije raskrižja

Slika 25. Prikaz mjerodavnog vozila na trećem varijantnom rješenju

Slika 26. Prikaz presijecanja pri odabiru traka na sjevernom privozu

Slika 27. Razina usluge postojećeg stanja

Slika 28. Prosječno vrijeme kašnjenja postojećeg raskrižja

Slika 29. Sažeti prikaz podataka protočnosti, kašnjenja, razine usluge, repa čekanja, udaljenosti, brzina postojećeg stanja raskrižja u programskom paketu Sidra Intersection

Slika 30. Prosječno vrijeme kašnjenja prve varijante

Slika 31. Prosječno vrijeme kašnjenja druge varijante

Slika 32. Prosječno vrijeme kašnjenja treće varijante

Slika 33. Prikaz razine usluge prve varijante u programskom alatu Sidra Intersection

Slika 34. Sažeti podaci prvog varijantnog rješenja

Slika 35. Razina usluge drugog varijantnog rješenja

Slika 36. Sažeti podaci drugog varijantnog rješenja

Slika 37. Prikaz razine usluge varijantnog rješenja 3 za raskrižje ulice Gordana Lederera i Slavonske avenije

Slika 38. Prikaz razine usluge novog kružnog raskrižja na križanju Slavonske avenije i Ulice Gordana Lederera

Popis tablica

Tablica 1. Posljedice prometnih nesreća

Tablica 2. Posljedice sudionika prometnih nesreća

Tablica 3. Okolnosti koje su prethodile prometnoj nesreći

Popis grafikona

Grafikon 1. Ukupan broj vozila u vršnim satima

Grafikon 2. Prometno opterećenje (EJA/h) u vremenskim intervalima od sat vremena

Grafikon 3. Prometno opterećenje za svaki privoz u EJA

Grafikon 4. Postotak vozila po kategorijama

Grafikon 5. Prikaz opterećenja biciklista po privozima

Grafikon 6. Prikaz opterećenja pješaka po privozima

Popis priloga

Prilog 1. Varijanta 0 – postojeće stanje raskrižja

Prilog 2. Varijanta 1 – dodavanje prometnih trakova za skretanje udesno

Prilog 3. Varijanta 2 – obvezno skretanje desno sa sporedne ceste i okretanje na kružnim tokovima

Prilog 4. Varijanta 3 – denivelacija Slavonske avenije

PRILOG 1



PRILOG 2



PRILOG 3



PRILOG 4

